

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

**Memoria de título**

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

**DIEGO NICOLÁS TELLO HERRERA**

**Santiago, Chile  
2014**

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

**Memoria de título**

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

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

**DIEGO NICOLÁS TELLO HERRERA**

**Santiago, Chile  
2014**

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
ESCUELA DE PREGRADO

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

**Memoria para optar al título profesional de:  
Ingeniero Agrónomo**

**DIEGO NICOLÁS TELLO HERRERA**

	<b>Calificaciones</b>
Profesores Guías	
Sra. Cecilia Baginsky G. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,6
Sr. Herman Silva R. Profesor de Biología y Ciencias, Mg. Sc. Dr.	6,5
Profesores Evaluadores	
Sra. Paola Silva C. Ingeniero Agrónomo Mg. Sc. Dr.	6,0
Sr. Víctor García De Cortázar G. Ingeniero Agrónomo, Dr. Ing.	7,0

**Santiago, Chile  
2014**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto.

A mis padres, Guisela y Pedro, por todo su apoyo incondicional, por haberme formado en la persona que soy, y por ser mis mejores ejemplos y pilares.

A mis hermanos, Felipe y Simón, elementos fundamentales en mi vida, por ser tan cercanos y tan positivos para mí.

A las grandes personas que me deparó la vida y que siempre han estado junto a mí: Pablo, compañero de innumerables experiencias; Natalia, compañera de trabajo y de aventuras. Y a Juan, por todo lo invaluable que ha aportado a mi vida.

A mis profesores guías Cecilia Baginsky G. y Herman Silva R., por todos sus consejos, colaboraciones y apoyo en terreno, en la redacción y en lo administrativo durante todo este proceso. También a mis profesores evaluadores, Paola Silva C. y Víctor García de Cortázar, por sus contribuciones al desarrollo de mi memoria de título.

Y a todas las otras personas que de una u otra forma contribuyeron a hacer posible mi presente.

Finalmente agradezco al Proyecto Fondecyt 1120202, “Effect of soil and climatic conditions in the physiology and metabolism secondary in *Salvia hispanica* L., natural source of omega 3 fatty acids”, por el financiamiento económico otorgado.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
Hipótesis.....	5
Objetivos .....	6
Objetivo general .....	6
Objetivos específicos .....	6
MATERIALES Y MÉTODOS .....	7
Lugar de estudio y material vegetal .....	7
Métodos.....	7
Tratamientos y Diseño experimental .....	7
Unidad experimental .....	7
Manejo Agronómico .....	8
Preparación de suelo. ....	8
Fertilización.....	8
Siembra. ....	8
Raleo. ....	9
Control de malezas.....	9
Riego. ....	9
Evaluaciones .....	9
Desarrollo.....	9
Crecimiento.....	10
Rendimiento y sus componentes.....	10
Índice de cosecha. ....	11
Análisis estadístico.....	11
RESULTADOS.....	12
Desarrollo.....	12
Crecimiento .....	13
Altura de plantas .....	13
Biomasa seca aérea, área foliar, número de nudos en tallo principal y longitud de inflorescencia.....	14

Rendimiento y sus componentes.....	15
Rendimiento .....	15
Componentes del rendimiento.....	16
Índice de cosecha .....	16
DISCUSIÓN .....	17
CONCLUSIONES .....	21
BIBLIOGRAFÍA .....	22
ANEXOS .....	25
Anexo I. Informe de análisis de agua del pozo utilizado para el riego de las plantas de chía.....	25
Anexo II. Temperatura y precipitación enero-junio de 2013. Estación experimental Santo Domingo. Se señala el momento de siembra y el intervalo entre el inicio de inflorescencia y floración de las plantas de chía.....	27
Anexo III. Longitud del día durante el año. El Tabo, Chile (Solartopo, 2014). Se incluye la ocurrencia de los estados de inicio de ramificación, emisión de inflorescencia y floración de las plantas de chía sembradas entre el 04 de enero y el 02 de febrero, que fue prácticamente simultánea. ....	28

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Fechas de siembra correspondientes a los tratamientos del ensayo. ....	7
Cuadro 2. Variables de crecimiento, desarrollo y rendimiento medidas. ....	9
Cuadro 3. Días desde siembra (DDS) hasta la ocurrencia de los cambios fenológicos en los tratamientos del ensayo. ....	12
Cuadro 4. Altura de plantas observada al momento de inicio de ramificación, inicio de inflorescencia, inicio de floración y cosecha. ....	14
Cuadro 5. Materia seca aérea por planta, número de inflorescencias por planta, largo de inflorescencia principal, área foliar por planta, índice de área foliar y n° de nudos en el tallo principal. ....	14
Cuadro 6. Rendimiento en grano bruto (considerando el grano comercial y los granos marrones o vanos) y comercial (considerando sólo los granos blancos con líneas negras). ....	15
Cuadro 7. Componentes del rendimiento evaluados. Peso de 1.000 semillas comerciales, número de granos comerciales por inflorescencia y superficie. ....	16
Cuadro 8. Índice de cosecha, considerando el grano en bruto y el grano comercial. ....	16

## Índice de figuras

Figura 1. Distribución en terreno de los tratamientos del ensayo y composición de la unidad experimental, indicando la unidad de observación. ....	8
Figura 2. Suma térmica (D°G) acumulada entre siembra y los estados de inicio de ramificación, inflorescencia y ramificación. ....	13
Figura 3. Temperaturas mínimas ocurridas durante la etapa reproductiva de las plantas de chíá. Se incluye el momento el momento de emisión de inflorescencia y floración de las plantas de chíá. Estación experimental Santo Domingo. ....	19

## RESUMEN

La chía (*Salvia hispanica* L.) es una especie de origen tropical que, por sus atributos en términos de salud, ha aumentado sostenidamente su siembra a nivel mundial. En Chile se ha estado evaluando su introducción, pero no se cuenta con información respecto a la fecha óptima de siembra. Por ello, se realizó un ensayo con una variedad de chía blanca, sembrada cada 15 días en cinco fechas que abarcaron desde el 4 de enero hasta el 4 de marzo de 2013, en la localidad de Las Cruces, Región de Valparaíso. Se evaluaron parámetros de crecimiento (altura de plantas, longitud de inflorescencia principal, área foliar, índice de área foliar, materia seca aérea y número de nudos del tallo principal), desarrollo (días desde siembra a la ocurrencia de los distintos estados fenológicos) y el rendimiento en grano, con el fin de determinar la fecha de siembra óptima para la zona. Con el atraso de la fecha de siembra, hubo una mayor precocidad en la ocurrencia de los estados de inicio de ramificación, emisión de inflorescencia y floración, y las plantas tendieron a disminuir su altura y redujeron el número de nudos vegetativos en el tallo principal. El rendimiento en grano comercial de las plantas correspondientes a las tres fechas de siembra más temprana fue de 118,3 kg·ha<sup>-1</sup>, no habiendo diferencias entre ellas, mientras que las dos siembras más tardías no tuvieron producción en grano comercial. Esto se atribuye al daño por las bajas temperaturas mínimas de la zona durante la etapa reproductiva, y a la tendadura de las plantas por efecto de las precipitaciones durante esta etapa, lo que impidió determinar los estados de madurez fisiológica y de cosecha. Debido a las bajas temperaturas mínimas durante la etapa reproductiva del cultivo, que provocaron pérdidas importantes en el rendimiento en grano, la localidad de las Cruces no es una zona apta para la siembra de chía.

Palabras clave: periodo de siembra, semilla blanca, fotoperiodo, desarrollo.



**ABSTRACT**

A variety of white chia (*Salvia hispanica* L.) was established in the locality of Las Cruces, San Antonio Province, to determine its optimum sowing date. Five sowing dates from January 4 to March 4, 2013 were used. Delayed sowings resulted in a greater precocity of branching initiation, inflorescence emergence and flowering. In addition, plants tended to decrease in height and reduced the number of main stem nodes. Yield of commercial seed was 118.3 kg·ha<sup>-1</sup> with no significant differences in the sowing dates evaluated, although the two latest sowings did not have commercial grain production. This was attributed to the damage caused to the crop by the low minimum temperatures in the zone and by plant lodging due to precipitations during the reproductive period. Therefore, because of the low minimum temperatures occurring during the reproductive stage of this crop that resulted in significant grain yield losses, Las Cruces locality is not a suitable zone for chia culture.

Key words: sowing time, white seed, photoperiod, development

## INTRODUCCIÓN

La chía (*Salvia hispanica* L.) es una planta anual de verano perteneciente a la familia Lamiaceae, cuyos granos poseen uno de los valores más altos de ácido alfa-linolénico en plantas comestibles, llegando a contenidos de aproximadamente 26,5% de su masa. Su importancia radica en que éste es un ácido graso esencial, del grupo omega-3, de manera que destaca en su rol en la prevención de enfermedades cardiovasculares, por lo que los consumidores buscan alimentos que los contengan (Ayerza and Coates, 2007).

Si bien, las principales fuentes naturales de obtención de ácidos grasos omega-3 corresponden a especies de origen marino (ciertos peces, moluscos y algas) (Sanhueza y Valenzuela, 2009), hoy en día existe una crisis en el abastecimiento de peces, debido al marcado incremento del consumo per cápita a nivel mundial, habiéndose cuadruplicado desde 1950 hasta la fecha. Además, a esto se debe agregar la sobre explotación de aproximadamente el 85% de la población mundial de peces (BBC, 2012). Por ello es importante explorar y explotar otras fuentes de ácidos grasos del tipo omega-3 que permitan complementar los aportes dados por productos marinos. De este modo, adquieren importancia fuentes vegetales de omega-3, como la chía.

Adicional al alto contenido de ácido alfa-linolénico, el grano de chía posee numerosas cualidades que le conceden un gran interés comercial, como son el contenido de antioxidantes naturales en el aceite (Taga *et al.*, 1984), el mucílago de su testa que puede ser utilizado como fibra dietética soluble (Bushway *et al.*, 1981), y su contenido de proteína fluctúa entre un 19 a 26,5% (Weber *et al.*, 1991). No contiene gluten, siendo un alimento nutritivo, saludable y apto para celíacos (Rovati *et al.*, 2012). Destacan también los aceites esenciales de sus hojas, con potencial en la industria de saborizantes y fragancias, además de disuadir el ataque de algunos insectos, como la mosquita blanca (Ahmed *et al.*, 1994). Por todas sus bondades, la superficie cultivada con chía ha ido en aumento a nivel mundial, estimándose que durante el año 2011 se cosecharon 10.000 hectáreas destinadas a su producción en el mundo<sup>1</sup>. En el 2013, la superficie destinada a siembra de chía solo en Paraguay fue de aproximadamente 80.000 hectáreas (RadioCumbre, 2014).

*Salvia hispanica* L. mide en promedio un metro de altura, pero puede llegar, bajo determinadas condiciones ambientales, a 1,8 m de altura; posee hojas simples, opuestas (Hernández y Miranda, 2008) e inflorescencias terminales (Ixtaina, 2010). El producto comercial conocido como semilla de chía corresponde a un fruto indehisciente, cuyo tamaño es de aproximadamente 1 a 1,2 mm de ancho y 2 a 2,2 mm de largo. Su superficie es lisa y brillante, y puede presentarse en distintos colores, puros o jaspeados. Mediante cosechas de plantas individuales se ha reconocido la existencia de “tipos” diferentes de plantas de chía que producen un color específico de semilla (Rovati *et al.*, 2012). En general se reconocen

---

<sup>1</sup> Ayerza, R. 2012, dic. Superficie mundial de chía [Entrevista personal]. Office of Arid Lands Studies, University of Arizona.

tres tipos de semilla de chía: blanca, gris jaspeado y marrón. Durante la temporada 2009 y 2010 en Tucumán, Argentina, Rovati *et al.* (2012) analizaron estos tres colores de semilla, determinando que las de color marrón fueron semillas vanas, con un bajo o nulo desarrollo de estructuras seminales, mucílago menos persistente, un menor peso por semilla e incapacidad para germinar. La presencia de este tipo de semillas fue variable dentro de una población, y podría estar asociada a condiciones adversas a las que se exponga la planta durante el periodo reproductivo. Esto es debido a que se tuvo un porcentaje mucho mayor de semillas marrones durante la temporada 2010, que se caracterizó por temperaturas muy bajas y una mayor incidencia de heladas (1,9% de semillas marrones el 2009; 13,7% de semillas marrones el 2010). Por su parte, en este mismo estudio se observó que las semillas blancas presentaron una germinación ligeramente menor que las gris jaspeadas (82,5% y 87,8%, respectivamente). Aunque se ha señalado que no existen diferencias nutricionales importantes entre las semillas de color blanco o negro, sino que existen variaciones dadas por la producción en distintas localidades (Liers, 2008), las semillas blancas son populares ya que se cree que poseen cualidades nutricionales superiores a la semilla negra, y al producirse en menores cantidades, alcanza mayores precios (Value Wellness Organic, 2012).

La temperatura mínima de crecimiento de la chía es 11°C y la máxima 36°C, siendo el rango óptimo entre 16 a 26°C (Coates y Ayerza, 2006). Es una especie que no tolera heladas, dado que crece naturalmente en ambientes tropicales y subtropicales, y por ello puede llegar a afectarse por daño por frío a temperaturas de 5°C (Marengo, 1986). Si bien son deseables altos niveles de humedad en el suelo para su germinación, una vez establecida la planta no presenta problemas de crecimiento en condiciones limitantes de agua. Crece bien en suelos areno-limosos, aunque también se adapta a otras clases texturales, siempre y cuando presenten buen drenaje (Lobo *et al.*, 2011).

Se caracteriza por ser una planta con fotoperiodo de día corto, sensible a las horas de luz, o más bien, horas de oscuridad, requiriendo que la duración de la luz solar baje a un umbral del orden de las 12-13 horas (Busilacchi *et al.*, 2013). Es por ello que la fecha de siembra constituye un elemento relevante, pues determinará la duración del periodo de crecimiento vegetativo, al ocurrir la floración en un momento fijo, determinado por el largo de la luz del día en la zona (Lobo *et al.*, 2011). De este modo, fechas de siembra muy tardías podrían repercutir en un periodo de crecimiento demasiado corto, lo que incidiría en una menor producción. Por otro lado, fechas de siembra demasiado tempranas también son negativas en el rendimiento, dado que la planta presenta un periodo vegetativo más largo y con ello una mayor altura, dada la correlación entre ambos (Lobo *et al.*, 2011). Esto puede deberse a que la planta, si tarda demasiado en ser inducida para producir sus inflorescencias terminales, aumenta en altura, pudiendo llegar a niveles excesivos. Además, el mayor vigor dado por la altura de las plantas de chía no se compensa con un mayor número de inflorescencias, disminuyendo con ello el índice de cosecha<sup>1</sup>. En Chile no existe información sobre la fecha de siembra óptima para una producción comercial de chía, aunque ensayos previos realizados en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, en la Región

---

<sup>1</sup> Baginsky, C. 2012, nov. [Entrevista personal]. Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

Metropolitana, indican que para esas condiciones, la floración ocurre aproximadamente durante la 2<sup>da</sup> semana de abril (Arriagada *et al.*, 2012).

En un ensayo realizado por Lobo *et al.* (2011) en Tucumán, Argentina, en el que se evaluó el efecto de seis fechas de siembra sobre el rendimiento de chía, se señala que las siembras realizadas en la segunda semana de febrero incidieron en el más alto rendimiento en grano del cultivo, el que llegó a 894 kg·ha<sup>-1</sup>, con un ciclo de desarrollo entre siembra e inicio de floración de 50 días aproximadamente. El rendimiento fue claramente menor, tanto en la fecha de siembra más temprana (4<sup>ta</sup> semana de diciembre, donde se obtuvo un rendimiento de 676 kg·ha<sup>-1</sup>) como en la fecha más tardía (4<sup>ta</sup> semana de febrero, con un rendimiento de 571 kg·ha<sup>-1</sup>). La floración ocurrió en la 1<sup>ra</sup> semana de abril, para todas las plantas, independiente de su fecha de siembra. Dado que entre los principales requisitos ambientales para que las plantas florezcan está el fotoperiodo (días cortos), y al detectarse una cercanía temporal entre la fecha de floración en Tucumán y la observada en los ensayos realizados por la Universidad de Chile, se podrían esperar resultados similares en la Zona Central de Chile, pudiendo ser la 2<sup>da</sup> semana de febrero la óptima para un mayor rendimiento de chía en dicha zona del país.

Debido al potencial comercial de la chía, surge la necesidad de evaluar la viabilidad de introducir su cultivo en Chile. Se reconoce principalmente a la Zona Norte como la más adecuada para los requerimientos climáticos de la especie; no obstante, el cultivo podría adaptarse bien en la Zona Central, siempre y cuando no se presenten heladas durante el desarrollo, pudiendo ser recomendables localidades cercanas a la costa, como por ejemplo la localidad de San Antonio, en la V Región de Valparaíso, la cual no presenta heladas en el año, gracias a la estabilización térmica dada por la influencia marina (Santibáñez y Uribe, 1990). De llegar a ocurrir heladas en esta zona, normalmente se concentrarían durante los meses de invierno cuando el cultivo de la chía debiera haber completado su ciclo vegetativo y reproductivo.

### **Hipótesis**

Plantas establecidas a mediados de febrero en la Zona Central de Chile presentarán un rendimiento mayor que aquellas establecidas a inicios de enero y a inicios de marzo.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Determinar el efecto de la fecha de siembra sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de chía blanca, en la localidad de Las Cruces, V Región.

### **Objetivos específicos**

-Conocer el efecto de la fecha de siembra sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas provenientes de semilla blanca de chía.

-Determinar la fecha de siembra que permita maximizar el rendimiento en semilla de plantas de chía provenientes de semilla blanca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de estudio y material vegetal

El ensayo se realizó en la localidad de Las Cruces, Provincia de San Antonio, ubicada en la V Región de Valparaíso, durante la temporada 2013. Las coordenadas del sitio son S33°30'22,57" y O71° 36'16,11".

Esta localidad presenta un clima templado mediterráneo semiárido, con una precipitación media anual de 455 mm y una acumulación de 1.366 días grado. Las temperaturas oscilan entre una máxima media en enero de 22,9°C y una mínima en julio de 6,9°C, con probabilidad de heladas prácticamente nula durante todo el año, gracias a la estabilización térmica dada por la influencia oceánica (Santibáñez y Uribe, 1990). El suelo cultivado correspondió a la serie Catapilco, el cual es franco en superficie y de textura arcillosa en profundidad, con drenaje imperfecto (CIREN, 1997).

Se utilizaron semillas de chífa blanca, provenientes de Bolivia, proporcionadas por la empresa Benexia, las cuales presentaron un peso de 1,3 g las 1.000 semillas.

### Métodos

#### Tratamientos y Diseño experimental

El ensayo consistió en cinco tratamientos, los cuales correspondieron a distintas fechas de siembra, señaladas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Fechas de siembra correspondientes a los tratamientos del ensayo.

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5
Fecha de siembra	04 enero	18 enero	02 febrero	18 febrero	04 marzo

El diseño estadístico se realizó con una distribución completamente al azar, contemplando seis repeticiones por cada tratamiento (Figura 1).

#### Unidad experimental

La unidad experimental correspondió a una parcela constituida por cuatro hileras de 5 m de largo cada una y separadas entre sí por 60 cm, constituyendo una superficie de 12 m<sup>2</sup> por parcela. La unidad de observación sólo consideró las dos hileras centrales, omitiendo medio

metro al extremo de cada hilera (Figura 1).

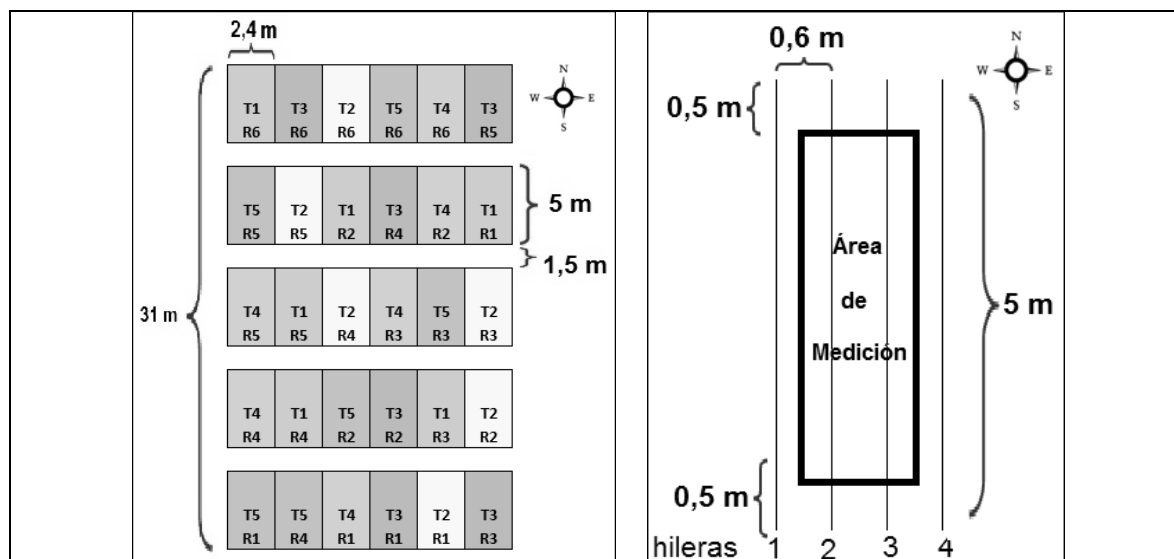


Figura 1. A la izquierda: distribución en terreno de los tratamientos del ensayo. A la derecha: composición de la unidad experimental, indicando la unidad de observación.

## Manejo Agronómico

**Preparación de suelo.** El suelo, caracterizado por la presencia de terrones, fue preparado inicialmente a través del paso de una rastra, y para afinar la cama de semillas se pasó un motocultor.

**Fertilización.** Se realizó un análisis de fertilidad, mediante una muestra compuesta de suelo, la que sirvió como base para la fertilización. Se aplicó urea con el fin de alcanzar una disponibilidad en el suelo de  $25 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}$ . La aplicación se parcializó, aplicando la mitad a la siembra y el resto aproximadamente 45 días después de emergencia. La primera aplicación se incorporó con rastrillo previo a la siembra, mientras que la segunda aplicación, al estar ya establecido el cultivo, cuyas raíces eran muy superficiales, se aplicó en la entre hilera, a unos 10 cm de las plantas, incorporándose a través del riego. La dosis de fertilización fue determinada en función de estudios realizados en Argentina<sup>1</sup>, con densidades de plantación iguales a las utilizadas en este ensayo. En dichos estudios se considera que se requieren 20 ppm de fósforo y 150 ppm de potasio, los cuales ya estaban disponibles en el suelo de acuerdo al análisis de fertilidad.

**Siembra.** La siembra se realizó de forma manual a chorro continuo, a 1 cm de profundidad, en hileras distanciadas a 60 cm. Se utilizaron 1,2 g de semilla por hilera (equivalente a una

<sup>1</sup> Ayerza, R. 2012, dic. Fertilización del cultivo de chí. [Entrevista personal]. Office of Arid Lands Studies, University of Arizona.

dosis de 4 kg·ha<sup>-1</sup>), obteniéndose una densidad de siembra de 307 plantas·m<sup>-2</sup>, aproximadamente.

**Raleo.** El raleo se realizó aproximadamente 20 días desde la siembra, dejando aproximadamente 80 plantas por metro lineal, con una densidad final de 133 plantas·m<sup>-2</sup> para cada tratamiento. Esta labor fue complementada con la movilización de suelo proveniente de la entre hilera para subir la altura del camellón, con el fin de evitar tendedura de las plantas, dado que la chíá posee un sistema radical superficial.

**Control de malezas.** El control de malezas se realizó de forma manual antes de cada siembra y luego de establecidas las plantas.

**Riego.** El riego se realizó por goteo con cintas en hilera simple, manteniendo el suelo en condiciones friables. La humedad fue monitoreada a 20 cm de profundidad a través de barreno. Se realizó un análisis de agua del pozo de riego, cuyos resultados se detallan en el Anexo I.

## Evaluaciones

Las variables de crecimiento y desarrollo medidas se señalan en el Cuadro 2.

**Desarrollo.** Se consideró que cada evento fenológico ocurrió cuando el 50% de las plantas muestreadas alcanzaron dicho estado.

Cuadro 2. Variables de crecimiento, desarrollo y rendimiento medidas.

Desarrollo (días desde siembra a)	Crecimiento	Rend. y sus componentes
Emergencia <sup>0</sup>	Altura de planta	Peso de 1.000 granos
1 <sup>er</sup> par hojas verdaderas <sup>1</sup>	Long. de inflor. principal	Nº granos por inflor.
Inicio de ramificación <sup>2</sup>	Área foliar	Nº granos por planta
Inicio de inflorescencia <sup>3</sup>	Índice de Área Foliar (IAF)	Rendimiento en grano
Inicio de floración <sup>4</sup>	Materia seca aérea	
	Nº nudos principales	
	Nº infloresc. por planta	

<sup>0</sup> Hojas cotiledonales totalmente expandidas sobre el suelo.

<sup>1</sup> Primer par de hojas completamente expandido.

<sup>2</sup> Primeras hojas de la rama completamente expandidas.

<sup>3</sup> Inflorescencia visible a simple vista.

<sup>4</sup> Primera flor abierta.

Semanalmente se hicieron observaciones para la determinación de inicio de ramificación, inicio de inflorescencia y floración. Cabe mencionar que, debido al daño por bajas temperaturas (inferiores a 5°C) ocurridas durante el periodo de floración y llenado de granos (Anexo II), no fue posible determinar el momento preciso de ocurrencia de inicio de llenado



de granos, madurez fisiológica ni madurez de cosecha. La cosecha se realizó cuando se reconoció daño por heladas en la inflorescencia, presentando ésta coloración marrón, a la vez que se observaron granos de color blanco característico con líneas oscuras.

Se evaluó la acumulación térmica en días grado (D°G) desde siembra hasta los estados de inicio de ramificación, emisión de inflorescencia y floración, sumando los D°G acumulados en los días comprendidos en cada periodo evaluado. Los D°G de cada día fueron determinados mediante la ecuación (Ometto, 1981):  $D^{\circ}G = (T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}})/2 - T_{\text{base}}$ ; donde  $T_{\text{máx}}$  es la temperatura máxima del aire (°C) en el día,  $T_{\text{mín}}$  es la temperatura mínima del aire (°C) y  $T_{\text{base}}$  es la temperatura base bajo la cual las plantas no se desarrollan. Como no se conoce la temperatura base para el género *Salvia*, se utilizó el valor común para cultivos de primavera verano, de 10°C<sup>1</sup>. La temperatura y precipitación fueron obtenidas de los datos publicados por la Dirección Meteorológica de Chile, y que corresponden a los registros de la estación experimental Santo Domingo, ubicada cerca de la costa de la región de Valparaíso, a unos 15,7 km al sur de la ubicación del ensayo.

### **Crecimiento.**

**Altura:** Semanalmente se midió la altura de 10 plantas por unidad experimental, considerada hasta el ápice vegetativo y posteriormente reproductivo del eje central.

**Largo de inflorescencia:** Se determinó al momento de la cosecha en una muestra de 15 plantas por unidad experimental, considerando todo el pedicelo.

**Área foliar:** A inicios de floración, se muestrearon tres plantas por unidad experimental, cuyas hojas se colocaron en un medidor de área foliar marca LiCor LI 3100.

**Índice de área foliar:** Luego de determinar el área foliar por planta, se determinó el IAF de acuerdo a la ecuación (Aguilar *et al.*, 2005):

$$\text{IAF} = \text{área foliar por planta} * \text{densidad de plantas} = (\text{cm}^2 * \text{planta}^{-1}) * (\text{N}^{\circ} \text{ plantas} * \text{cm}^{-2})$$

**Materia seca aérea:** A inicio de floración y a cosecha se midió la materia seca aérea, para lo cual se cortó a ras de suelo ½ m lineal de plantas, por cada unidad experimental. Las plantas cosechadas a inicio de floración se picaron y mezclaron, y se llevaron a una estufa de aire forzado a 70°C hasta lograr peso constante. Para el caso de las plantas muestreadas a la cosecha, la temperatura de secado fue de 40°C para evitar dañar los granos por exceso de calor.

**N° nudos vegetativos:** A inicio de floración, se contabilizó el número de nudos vegetativos del tallo principal a una muestra de 10 plantas por unidad experimental.

**Rendimiento y sus componentes.** Se cosechó 1 m lineal de plantas por unidad experimental para la determinación del rendimiento por planta (peso de granos por planta) y el peso de 1.000 granos de calidad comercial, para lo cual se eliminaron las semillas vanas, de color marrón. Además, se determinó el número de inflorescencias de 15 plantas por unidad

---

<sup>1</sup> García de Cortázar, V. 2014, abr. Temperatura base. [Entrevista personal]. Departamento de Ingeniería y Suelos, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

experimental. Luego, se determinó el número de granos por inflorescencia, dividiendo el rendimiento de una planta por el número promedio de inflorescencias por planta.

**Índice de cosecha.** Se determinó el índice de cosecha, dividiendo el peso de los granos por la materia seca aérea total, obtenidos con el muestreo al momento de cosecha.

### **Análisis estadístico**

Para analizar los datos, se realizó un análisis de varianza. Se determinó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ) para cada parámetro evaluado (ocurrencia de eventos fenológicos, parámetros de crecimiento, rendimiento y sus componentes e índice de cosecha). Cuando se detectaron diferencias significativas, los datos se sometieron a una prueba de comparaciones múltiples de Tukey, con una significancia del 5% para separar las medias diferentes, mediante la herramienta informática InfoStat (InfoStat, 2008).

## RESULTADOS

### Desarrollo

En el Cuadro 3 se puede observar que en todos los estados de desarrollo evaluados desde inicio de ramificación, T1 presentó la menor precocidad, siendo significativamente distinto al resto de los tratamientos. La precocidad en todos estos estados fenológicos fue aumentando significativamente a medida que se atrasó la fecha de siembra hasta T3. A partir de este tratamiento, no se observaron diferencias entre los tratamientos, con excepción de T4, que presentó una mayor precocidad en el estado de inicio de inflorescencia y a la cosecha. No existe el valor de días desde siembra a inicio de floración para T5, ya que se presentó daño por frío durante el crecimiento vegetativo y reproductivo de estas plantas, lo que impidió que finalmente florecieran. Cabe destacar que hubo un aumento significativo y constante en la precocidad a cosecha, al atrasar la fecha de siembra, debido a que la cosecha se realizó de manera prácticamente simultánea en todos los tratamientos. Este hecho estuvo asociado a la presencia de lluvias y bajas temperaturas que imposibilitaron esperar más tiempo para llevarla a cabo.

Cuadro 3. Días desde siembra (DDS) hasta la ocurrencia de los cambios fenológicos en los tratamientos del ensayo.

Tratamiento	Emergenc.	1 <sup>ra</sup> hoja verdad.	Inicio ramific.	Inicio infloresc.	Inicio floración	Cosecha
T1	4	11 ab	69 a	81 a	111 a	172 a
T2	4	12 b	52 b	68 b	97 b	158 b
T3	4	10 a	36 c	54 c	84 c	145 c
T4	4	10 a	30 c	49 d	81 c	128 d
T5	5	12 b	33 c	54 c	-	-
Significancia	ns	*	*	*	*	*

\*  $p < 0,05$  ; ns: no significativo ( $p \geq 0,05$ )

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre las medias ( $p < 0,05$ ).

En la Figura 2 se observa que el inicio de ramificación, inflorescencia y floración fue prácticamente simultáneo para T1, T2 y T3, a pesar de haber pasado un mes entre la siembra de T1 y T3. El tratamiento T4 alcanzó dichos estados 9, 12 y 15 días después, respectivamente. T5, por su parte, no alcanzó a llegar a floración debido al daño por frío, pero inició los estados de ramificación y emisión de inflorescencia 17 y 19 días después que T4, respectivamente. La duración del día a inicio de ramificación, emisión de inflorescencia y floración en los tres tratamientos sembrados más tempranamente (T1, T2 y T3) fue de 12,3; 11,8 y 10,9 horas de luz, respectivamente (Anexo III), en tanto que el tratamiento T4, en los

estados de inicio de ramificación, emisión de inflorescencia y floración, presentó 12,1; 11,4 y 10,5 horas de luz, respectivamente; y el tratamiento T5 presentó 11,5 y 10,9 horas de luz en los estados de inicio de ramificación y emisión de inflorescencia, respectivamente. En T4 y T5, sin embargo, se observa una acumulación térmica similar, siendo el promedio entre ambos tratamientos de 125 y 189 D°G a inicio de ramificación y emisión de inflorescencia, respectivamente (Figura 2). En los tratamientos T1, T2 y T3, no se observa esta similitud en la suma térmica acumulada desde siembra a inicio de ramificación (424,7; 324,8 y 210,1 D°G, respectivamente), emisión de inflorescencia (473,8; 391,6 y 282,6 D°G, respectivamente) y floración (565,3; 479,6 y 370,8 D°G, respectivamente) (Figura 2).

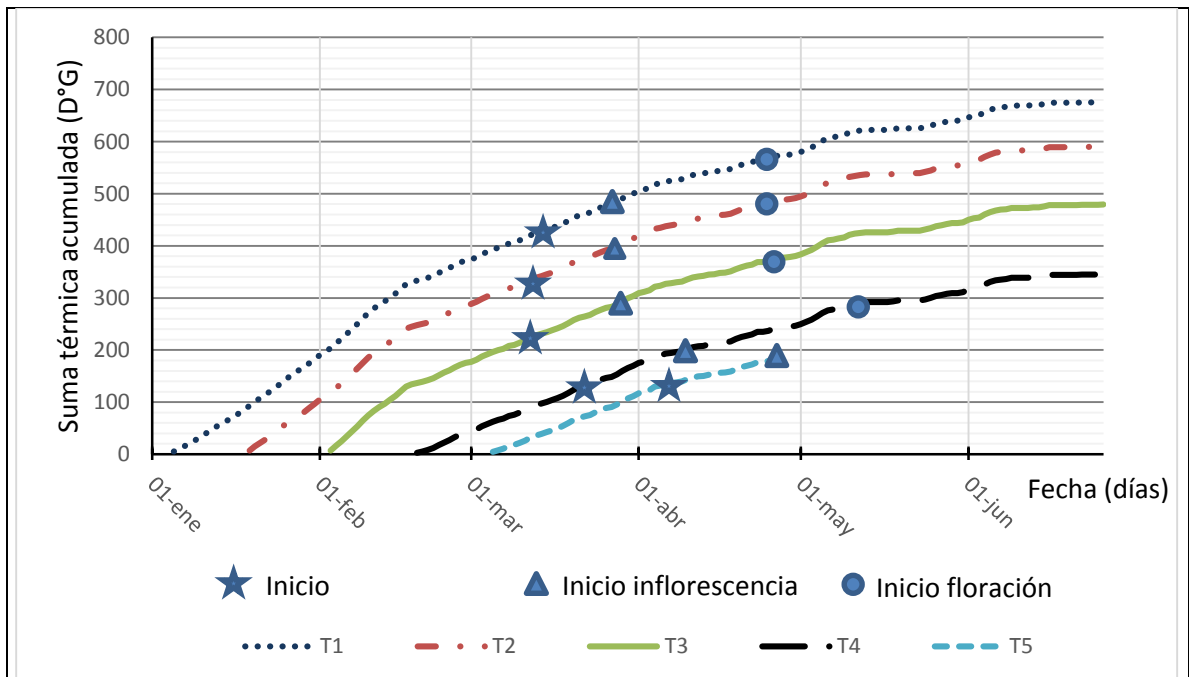


Figura 2. Suma térmica (D°G) acumulada entre siembra y los estados de inicio de ramificación, inflorescencia y ramificación ( $T_b=10^{\circ}\text{C}$ ). Datos obtenidos de la estación experimental Santo Domingo.

## Crecimiento

### Altura de plantas

El tratamiento T1 presentó una mayor altura de plantas en todos los estados de desarrollo evaluados (Cuadro 4), siendo esta diferencia significativa, con excepción de la altura a inicio de floración, en que se igualó estadísticamente con T4, en tanto que a la cosecha, sólo se diferenció significativamente de T3, llegando a medir 46 cm más. La altura a inicio de ramificación, en la misma medida que los DDS a inicio de ramificación, fue disminuyendo al atrasar la fecha de siembra, no habiendo diferencias significativas a partir de T3. A inicio

de inflorescencia, T1 logró una altura que fue 52 cm mayor que los 64,7 cm obtenidos en promedio por el resto de los tratamientos.

Cuadro 4. Altura de plantas observada al momento de inicio de ramificación, inicio de inflorescencia, inicio de floración y cosecha.

Tratamiento	Inicio de ramificación	Inicio de inflorescencia	Inicio de floración	Cosecha
	(cm)			
T1	95,3 a	116,7 a	164,6 a	172,5 a
T2	50,4 b	75,6 b	120,6 b	143,1 ab
T3	30,4 c	60,2 b	107,5 b	126,4 b
T4	20,4 c	62,0 b	133,4 ab	147,2 ab
T5	20,2 c	61,1 b	-	-

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre las medias ( $p < 0,05$ ).

### **Biomasa seca aérea, área foliar, número de nudos en tallo principal y longitud de inflorescencia**

La biomasa aérea seca promedio en floración fue de 4,4 g por planta, mientras que a la cosecha se registró un promedio de 10,3 g por planta, no presentándose diferencias significativas entre los tratamientos, a pesar de observarse una biomasa mayor en T1 en ambos momentos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Materia seca (MS) aérea, número de inflorescencias (inflor.) por planta, largo de inflorescencia principal, área foliar por planta, índice de área foliar (IAF) y n° de nudos en el tallo principal.

Trat.	MS aérea a inicio de floración	MS aérea a cosecha	Inflor.·planta <sup>-1</sup>	Largo inflor.	Área foliar por planta	IAF	Nudos en tallo principal
	(kg·ha <sup>-1</sup> )		(N°)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	-	(N°)
T1	3.576,8	5.381,1	4,53	15,4	306,1	1,8	13,4 a
T2	2.813,0	5.021,1	6,87	16,1	270,5	1,6	11,3 b
T3	2.232,3	4.911,6	6,97	18,1	342,1	2,1	9,7 c
T4	2.359,9	4.481,8	-	16,4	389,9	1,9	8,5 d
Signif.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*

\*  $p < 0,05$  ; ns: no significativo ( $p \geq 0,05$ )

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre las medias ( $p < 0,05$ ).

No se presentaron diferencias significativas en el número de inflorescencias por plantas, sin embargo, se observó una tendencia a valores más altos en los tratamientos T2 y T3, respecto a T1 (Cuadro 5). El largo de inflorescencia tampoco presentó diferencias entre los tratamientos, siendo en promedio 16,5 cm. Una situación similar ocurrió con el área foliar por planta e IAF evaluados a inicio de floración, a pesar de las evidentes diferencias entre las medias, lo que se atribuye al alto coeficiente de variación observado para estas variables (37,6% y 30%, respectivamente). Sumado a ello existió un problema de defoliación, principalmente en las plantas más viejas. En cuanto a los nudos vegetativos en el tallo principal, hubo diferencias significativas entre todos los tratamientos, disminuyendo el número de nudos a medida que se atrasó la fecha de siembra. Este hecho, junto a la disminución no constante en la altura de las plantas a cosecha, indicaría un mayor alargamiento de los entrenudos hacia siembras más tardías.

### Rendimiento y sus componentes

#### Rendimiento

No se encontraron diferencias significativas en el rendimiento entre los tratamientos (Cuadro 6), correspondiendo en promedio a 212,7 kg·ha<sup>-1</sup> de grano bruto (considerando granos blancos y granos marrones o vanos), y 118,32 kg·ha<sup>-1</sup> de grano comercial (considerando sólo los granos blancos). Esto se puede atribuir al alto coeficiente de variación en el rendimiento, correspondiente a un 51,63%. Cabe señalar que en T4 no se logró obtener granos en la cosecha producto del daño por frío y/o viento y lluvia que provocaron tendadura de las plantas, por lo que no se consideró este tratamiento para los análisis de rendimiento en grano. El porcentaje de pérdida por el daño por frío tampoco varió significativamente entre los tratamientos.

Cuadro 6. Rendimiento en grano (kg·ha<sup>-1</sup>) bruto (considerando el grano comercial y los granos marrones o vanos) y comercial (considerando sólo los granos blancos con líneas negras) y porcentaje de pérdida en base a peso.

Tratamiento	Rend. grano bruto (kg·ha <sup>-1</sup> )	Rend. grano comercial (kg·ha <sup>-1</sup> )	Pérdida %
T1	158,87	94,73	40%
T2	235,76	129,79	45%
T3	243,52	130,43	46%
Significancia	ns	ns	ns

ns: Sin diferencias significativas entre las medias ( $p \geq 0,05$ ).

### Componentes del rendimiento

No hubo efecto de la fecha de siembra sobre los componentes del rendimiento (Cuadro 7). El peso de 1.000 granos fue en promedio 1,08 g, valor inferior al que se determinó previo a las siembras, y que fue de 1,3 g.

Cuadro 7. Componentes del rendimiento evaluados. Peso de 1.000 semillas comerciales, número de granos comerciales por inflorescencia y superficie.

Tratamiento	Peso 1.000 granos comerciales	Granos·inflorescencia <sup>-1</sup>	Granos·m <sup>-2</sup>
	(g)	(N°)	(N°)
T1	1,00	33,2	9.617
T2	1,15	18,2	11.065
T3	1,10	20,2	12.362
Significancia	ns	ns	ns

ns: Sin diferencias significativas entre las medias ( $p \geq 0,05$ ).

### Índice de cosecha

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para el índice de cosecha, considerando tanto el grano en bruto como el grano comercial (Cuadro 8), lo cual se atribuye a que no existieron diferencias en la producción de materia seca aérea total de la planta, al daño por frío y tendadura durante la etapa reproductiva, lo cual afectó severamente al rendimiento.

Cuadro 8. Índice de cosecha, considerando el grano en bruto y el grano comercial.

Tratamiento	IC grano en bruto	IC grano comercial
	-	-
T1	0,03	0,02
T2	0,05	0,03
T3	0,05	0,03
Significancia	ns	ns

ns: Sin diferencias significativas entre las medias ( $p \geq 0,05$ ).

## DISCUSIÓN

Se observa, como tendencia general, que el atraso en la fecha de siembra adelantó el inicio de ramificación, inicio de inflorescencia, floración y cosecha en cuanto a DDS (Cuadro 3), lo que se asocia con la modificación del ambiente en el que crecieron los distintos tratamientos al atrasar la siembra, y que corresponde principalmente a un acortamiento de los días y a la variación de la temperatura, que aumentó desde enero hasta mediados de febrero, para después disminuir gradualmente en los meses posteriores (Anexos II y III). Si bien, se esperaba que la floración fuese simultánea para todos los tratamientos, como señala Lobo *et al.* (2011), esto sólo ocurrió en T1, T2 y T3. La misma situación se observó en la ocurrencia de los estados de inicio de ramificación y emisión de inflorescencia, lo que sugiere que, al igual que la floración, estos estados están regulados por la duración del día. En este sentido, un estudio realizado en el sur de Santa Fe, Argentina, plantea un umbral crítico de 12-13 horas para la inducción floral (Busilacchi *et al.*, 2013), lo que podría indicar que, en el presente ensayo, la inducción ocurrió a inicios de marzo (Anexo III). Cabe mencionar que en estudios realizados en la temporada 2010-2011 en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicados en la latitud 33° Sur (al igual que en el presente ensayo), se observó que la emisión de inflorescencia de un cultivo de chíá sembrado el 22 de diciembre ocurrió el 7 de abril (Villegas, 2013), unos 11 días después que en los tres tratamientos más tempranos del presente ensayo, por lo que la duración del día es un factor de gran importancia para la inducción floral en esta especie, pero también pueden estar involucrados otros factores, como la temperatura de la zona. No existen referencias sobre respuesta a la duración del día en la ocurrencia de la ramificación en chíá, aunque se han mencionado efectos del largo del día sobre la ramificación en otras especies, tales como la frutilla, en la cual días cortos y largos promueven brotes cortos y largos, respectivamente (Hytönen *et al.*, 2009).

Al comparar los tratamientos T4 y T5, que se rezagaron en el inicio de ramificación, emisión de inflorescencia y floración respecto de las primeras siembras, se observa que presentaron una acumulación similar de días grado a inicio de ramificación y emisión de inflorescencia (Figura 2), lo que podría corresponder a un umbral de días grado mínimo para poder reaccionar al estímulo lumínico en las distintas etapas del desarrollo. Jackson (2009) señala que la mayoría de las plantas poseen una fase juvenil que previene la inducción floral hasta que se haya alcanzado cierto estado de desarrollo, para asegurar que tenga suficientes recursos para sustentar los procesos que se inicien con la fase reproductiva. De este modo, pudo haber ocurrido que los tratamientos T1, T2 y T3 ya habían alcanzado el desarrollo mínimo necesario, en el momento en que el largo del día se acortó por debajo del umbral que permitió la inducción floral, por lo que iniciaron emisión de inflorescencia y floración simultáneamente, situación que no ocurrió con los tratamientos T4 y T5. En los trabajos de Busilacchi *et al.* (2013) y Lobo *et al.* (2011), se observa un aumento constante en la



precocidad de la fase reproductiva en chíá al atrasar la fecha de siembra. En el presente estudio, sin embargo, este hecho sólo ocurrió entre los tratamientos T1 a T4 en cuanto al estado de inicio de inflorescencia, mientras que T5 tuvo una menor precocidad que T4, rompiendo esta tendencia. De la misma forma, entre los tratamientos T3 y T4 no hubo diferencias de precocidad a inicios de floración. Se puede deducir por tanto, con estos resultados, que para las tres siembras más tempranas, el efecto de la fecha de siembra en la precocidad es atribuible a la respuesta al fotoperiodo en chíá pues, si bien las siembras se realizaron de forma escalonada en el tiempo, la floración ocurrió de forma simultánea, acortándose el periodo vegetativo al atrasar la fecha de siembra. En el caso de T4 y T5, la precocidad no puede solo ser atribuida al fotoperiodo, puesto que la emisión de inflorescencia y el inicio de floración se rezagaron respecto de los otros tratamientos. Bajo la teoría de que T4 y T5 se hallaban en una fase juvenil en el momento en que T1, T2 y T3 estaban en fase reproductiva (aun cuando el estímulo lumínico debió ocurrir de forma idéntica para todos los tratamientos del ensayo), habría que considerar también a la temperatura, que es el principal factor que regula la tasa de desarrollo de un cultivo (Abrol and Ingram, 1996). Las menores temperaturas bajo las que se desarrolló el tratamiento T5 (Anexo II) explicarían su menor precocidad respecto de T4, pues aunque ambos tratamientos acumularon una cantidad similar de días grado desde siembra a inicio de inflorescencia (Figura 2), la siembra más tardía necesitó 5 días más para conseguirlo (Cuadro 3). Aun así, se necesitan más estudios para respaldar la posible existencia de un estado juvenil de la chíá que condicione la respuesta al fotoperiodo, pues existen antecedentes de plantas de chíá que florecieron con unos 10 cm de altura y con 4 hojas<sup>1</sup>, aunque se desconoce si esto correspondió sólo a casos excepcionales.

Las plantas del tratamiento T1 siempre fueron, como mínimo, 30 cm más altas que las del resto de los tratamientos a un mismo estado de desarrollo evaluado. La altura a inicio de ramificación y a inicio de inflorescencia muestra una disminución en el largo de las plantas al atrasar la fecha de siembra (Cuadro 4), lo que concuerda con lo descrito por Busilacchi *et al.* (2013), y se puede asociar con un acortamiento del periodo vegetativo. Esta tendencia se mantiene hacia los estados de inicio de floración y a la cosecha, aunque de forma menos marcada. El menor número de nudos en las plantas sembradas más tardíamente contribuyen a explicar esta tendencia (Cuadro 5), aunque la importancia de este factor se ve atenuada por el mayor alargamiento de los entrenudos de las plantas al atrasar la fecha de siembra, compensando la altura en cierta medida. Aun cuando la altura de plantas a cosecha disminuyó significativamente en T3 respecto de T1, no se observó un aumento significativo en el indicador de eficiencia productiva, el índice de cosecha, que se correlaciona negativamente con la altura de plantas y el peso seco de tallos (Barriga, 1974). Esto puede atribuirse a que no existieron diferencias significativas tanto en el rendimiento comercial como en la materia seca aérea a cosecha entre estos tratamientos, observándose sólo una tendencia a disminuir la materia seca aérea y a aumentar el índice de cosecha al atrasar la fecha de siembra.

---

<sup>1</sup> Baginsky, C. 2013, nov. Respuesta al fotoperiodo en chíá [Entrevista personal]. Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

El rendimiento total observado, de 212,7 kg·ha<sup>-1</sup> en promedio, fue muy inferior a los 874 kg·ha<sup>-1</sup>, correspondientes al máximo señalado por Lobo *et al.* (2011) en Argentina. A ello se suma que el 44% de este rendimiento correspondió a semilla vana, de modo que el rendimiento comercial fue 118,3 kg·ha<sup>-1</sup>. Otros ensayos de evaluación de fecha de siembra en genotipos de chíá separados: semilla blanca y oscura, realizados hacia el norte de Chile, indican valores muy superiores, destacando la localidad de Azapa, de la Región de Arica y Parinacota, con un rendimiento medio de 1.668 kg·ha<sup>-1</sup> y 1.908 kg·ha<sup>-1</sup> para el genotipo de semilla blanca y oscura, respectivamente (Baginsky *et al.*, 2014). La principal causa del bajo rendimiento en Las Cruces se debió a la presencia de temperaturas mínimas bajas (entre 3 y 5 °C) entre marzo y mayo, es decir, antes y después de la floración del cultivo (Figura 3). Esto tuvo una particular severidad al tratarse de un cultivo de ambientes tropicales y sub tropicales (Marengo, 1984), a pesar de que en bibliografía sólo se han encontrado referencias sobre la no tolerancia de la chíá a las heladas. El daño fue tal, que provocó el necrosamiento de casi la totalidad de las estructuras florales de las plantas del tratamiento T5, que fueron las más rezagadas en cuanto a fenología. Además, según lo que planteó Busilacchi *et al.* (2013), es posible que la inducción floral se haya realizado a inicios de marzo, donde ya se registraban temperaturas mínimas de 5°C, comprometiendo el futuro rendimiento. El peso de 1.000 granos se ha mencionado como un componente del rendimiento muy estable en cereales como el triticale, en comparación con el número de granos·m<sup>-2</sup> (Royo *et al.*, 1988), sin embargo en chíá, este valor fue inferior al determinado previo a las siembras en aproximadamente un 17% (Cuadro 7). Este hecho estaría relacionado directamente con el estrés por bajas temperaturas ocurrido en distintos momentos dentro de la etapa reproductiva.

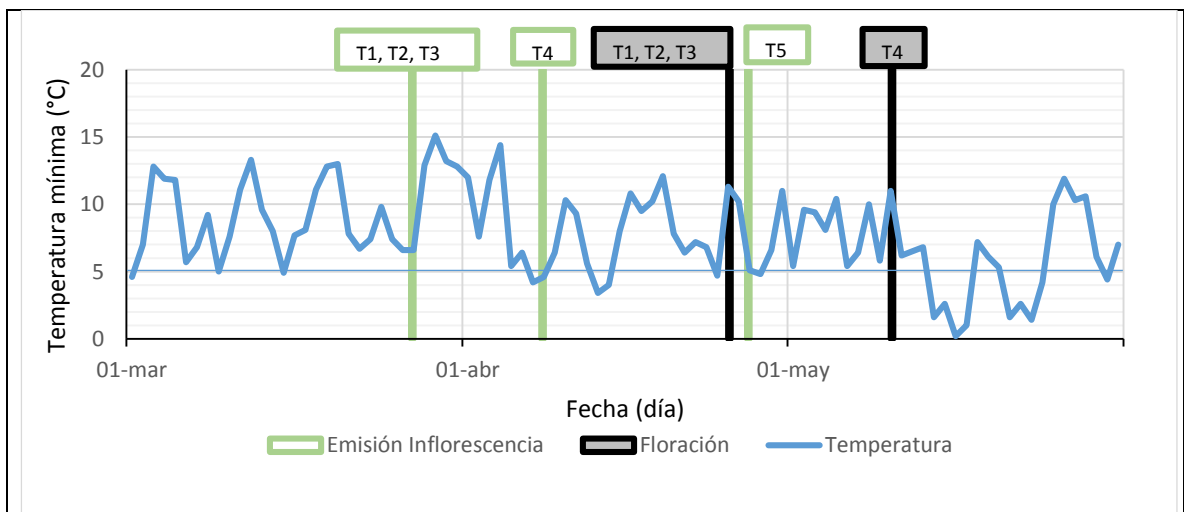


Figura 3. Temperaturas mínimas ocurridas durante la etapa reproductiva de las plantas de chíá. Se incluye el momento el momento de emisión de inflorescencia y floración de las plantas de chíá. Estación experimental Santo Domingo.

Adicional al daño por frío, se sumó la ocurrencia de una fuerte precipitación a comienzos de mayo, que gatilló la tendadura de numerosas parcelas del ensayo, especialmente en las más altas (T1). La tendadura en cultivos como el trigo afecta con frecuencia el rendimiento y calidad del grano, encarece y dificulta la cosecha del cultivo. La severidad del daño es mayor cuando ocurre después de floración o con el grano formado, ya que además se produce daño por sombreado y por enfermedades en las espigas y hojas superiores (Mellado *et al.*, 2003). En el presente estudio, se produjo además un daño mecánico debido al roce entre las inflorescencias, que provocó el desprendimiento de una cantidad indeterminada de granos al suelo, y posterior a la cosecha se reconoció la presencia de esclerotinia en las plantas.

El análisis del agua de riego indicó una conductividad eléctrica de  $2,06 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  (Anexo I), correspondiente a una categoría de calidad de agua “de uso dudoso”, para la cual se recomienda evitar el uso de cultivos sensibles (Fipps, 1996). Es probable que los niveles de sales en el agua de riego hayan contribuido a la reducción del rendimiento de las plantas del ensayo, aunque no se han encontrado referencias sobre la sensibilidad de la chía a la salinidad del suelo o el agua.

Las plantas de las tres fechas de siembra que se cosecharon, no presentaron diferencias en el rendimiento en grano, aunque esto se atribuye a los diversos factores adversos que ya se señalaron. Según Lobo *et al.* (2011), en Tucumán, Argentina, ubicada en la latitud  $26^\circ$  Sur, los mayores rendimientos se obtuvieron con siembras en la primera quincena de febrero, de un rango de fechas de siembra que abarcó desde el 26 de diciembre al 25 de febrero. En Chabás, Santa Fe, Argentina, ubicada en la latitud  $33^\circ$  Sur y por lo tanto con condiciones de duración de día muy similares a Las Cruces, se señala que los mayores rendimientos se obtuvieron con siembras tempranas en la primera quincena de enero, de un rango de fechas de siembra que abarcó desde el 11 de enero al 10 de febrero (Busilacchi *et al.*, 2013). En Azapa, Chile, latitud  $18^\circ$  Sur, de un rango de fechas de siembra que abarcó desde inicios de enero hasta inicios de marzo, los mayores rendimientos de un genotipo de chía blanca se obtuvieron en la segunda quincena de febrero, mientras que el conjunto de los genotipos blanco y oscuro tuvo el mayor rendimiento a inicios de marzo (Baginsky *et al.*, 2014). En Canchones, Chile, latitud  $20^\circ$  Sur, en un rango de fechas de siembra similar a las utilizadas en Azapa, el mayor rendimiento se obtuvo con la siembra a inicios de enero, sin haber diferencias entre ambos genotipos (Baginsky *et al.*, 2014).

Debido a los bajos rendimientos de chía obtenidos, ocasionados principalmente a la sensibilidad a bajas temperaturas, no se recomienda el establecimiento de chía en la localidad de Las Cruces, siendo preferible su cultivo hacia la Zona Norte de Chile, donde existe menos riesgo de heladas o daño por temperaturas inferiores a  $5^\circ\text{C}$  durante la etapa reproductiva. Se rechaza la hipótesis planteada, al no haber diferencias en el rendimiento de las plantas sembradas en enero y principios de febrero.

## CONCLUSIONES

El retraso en la fecha de siembra provoca mayor precocidad en el desarrollo de las plantas de chíá, y una menor altura, reduciéndose con ello la tendedura de las plantas.

La localidad de Las Cruces, ubicada en la V Región, no es una zona apta para la siembra de chíá según lo observado en el periodo evaluado, debido a las bajas temperaturas mínimas (menores a 5°C) que se presentan durante la etapa reproductiva del cultivo, provocando pérdidas importantes de rendimiento, no habiendo una mejor fecha de siembra de acuerdo a este criterio.

## BIBLIOGRAFÍA

Abrol, Y and K. Ingram. 1996. Effects of higher day and night temperatures on growth and yields of some crop plants (cap. 6). *In*: A. Bazzaz and W. Sombroek (eds) Global Climate Change and Agricultural Production: Direct and Indirect Effects of Changing Hydrological, Pedological and Plant Physiological Processes. 385p. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, West Sussex, Inglaterra.

Aguilar, L.; J. Escalante, L. Fucikovsky, L. Tijerina y E. Mark. 2005. Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. Universidad Autónoma Chapingo, México. *TERRA Latinoamericana* 23(3):305.

Ahmed, M., I. Ting and R. Scora. 1994. Leaf oil composition of *Salvia hispanica* L. from three geographical areas. *J. Essentials Oil Res.* 6: 223-228.

Allen, R.; L. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, Italy. 300p.

Arriagada, C.; H. Silva y C. Baginsky. 2012. Efecto de la fecha de siembra sobre el creimiento y rendimiento de 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. Temunco, Chile. 333p.

Ayerza, R. 1995. Oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) from five northwestern locations in Argentina. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 72: 1079–1081.

Ayerza, R. and W. Coates. 2007. Seed yield, oil content and fatty acid composition of three botanical sources of  $\omega$ -3 fatty acid planted in the Yungas ecosystem of tropical Argentina. *Trop. Sci.* 47(4): 183.

Baginsky, C.; J. Arenas, H. Escobar, M. Garrido, N. Valero, D. Tello, L. Pizarro, L. Morales, H. Silva. 2014. Determinación de fecha de siembra óptima de chía en zonas de clima desértico (Anexo I, 15p.). *En su*: Proyecto Fondecyt: 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. 2013). Chile: Fondecyt (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica).

Barriga, P. 1974. Índice de cosecha en trigo de primavera. *Agro Sur* 2(1) 17-20

British Broadcasting Corporation (BBC). 2012. How the world's oceans could be running out of fish. Disponible en: <http://www.bbc.com/future/story/20120920-are-we-running-out-of-fish/all>. Leído: 22 de noviembre de 2013.

- Bushway, A., P. Belyea, and R. Bushway. 1981. Chia seed as source of oil, polysaccharide, and protein. *J. Food Sci.* 46:1349-1350.
- Busilacchi, H.; M. Bueno, O. Di Sapio, V. Flores, M. Quiroga y C. Severin. 2013. Evaluación de *Salvia hispanica* L. cultivada en el sur de Santa Fe (República Argentina). *Cultivos Tropicales* 34:57.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 1997. Estudio Agrológico V Región. Descripción de suelos, materiales y símbolos. Publicación N° 116. 366p.
- Coates, W. y R. Ayerza. 2006. Chía, redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas. 4ta ed. Editorial del Nuevo Extremo. Buenos Aires. Argentina. 232p.
- Fipps, G. (1996). Irrigation water quality standards and salinity management strategies. College Station, Texas: Texas A&M University, USA.
- Hernández, J. y S. Miranda. 2008. Caracterización morfológica de chía (*Salvia hispanica*). *Fitotecnia Mexicana* 31(2):105-113.
- Hytönen, T.; O. Junttila, P. Elomaa, T. Moritz. 2009. Gibberellin mediates daylength-controlled differentiation of vegetative meristems in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). University of Helsinki, Finlandia. *BMC Plant Biology* 9:1.
- InfoStat. 2008. InfoStat versión 2008 (Software Estadístico). Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Ixtaina, V. 2010. Caracterización de la semilla y el aceite de chía (*Salvia hispánica* L.) obtenido mediante distintos procesos. Aplicación en tecnología de alimentos. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Exactas, Argentina. 275p.
- Jackson, S. 2009. Plant responses to photoperiod. University of Warwick, Inglaterra. *New Phytologist* 181:519.
- Liers, F. 2008. Interview with Dr. Wayne Coates: Chia Seeds (Part 2). Natural News. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.naturalnews.com/023068\\_chia\\_seeds.html](http://www.naturalnews.com/023068_chia_seeds.html)> Consultado el: 09 de julio de 2014.
- Lobo, R.; M. Alcocer, M. Devani, F. Fuentes, M. Morandini y W. Rodríguez. 2011. Desarrollo del cultivo de chía en Tucumán, República Argentina. *Avance Agroindustrial* 32(4):27-30.
- Marengo, J. 1984. Estudio sinóptico-climático de los friajes (friagem) en la Amazonía Peruana. Lima, Perú. *Revista Forestal del Perú* 12(1-2):1.

Mellado, M.; R. Madariaga y I. Matus. 2003. La tendedura en el trigo. Rendimiento y calidad del grano. Tierra Adentro 51:32.

Ometto, J. 1981. Fluxo de calor sensível ou o calor destinado a aquecer o ar atmosférico. Bioclimatologia vegetal. Editora Agronômica Ceres. Sao Paulo, Brasil. 425p.

RadioCumbre. 2014. Paraguay quinto productor mundial de chía. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.radiocumbre.com.py/index.php/agricultura/item/806-salvia-hispanica-oportunidad-de-negocio-para-el-paraguay>> Consultado el: 25 de julio de 2014.

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

Royo, C.; A. Michelena, I. Romagosa y J. Martín. 1988. Yield components stability in triticales. An. Aula Dei 19 (1-2): 125-133.

Sanhueza, J. y A. Valenzuela. 2009. Aceites de origen marino; su importancia en la nutrición y en la ciencia de los alimentos. Revista Chilena de Nutrición 36(3): 253.

Santibáñez, F. y J. Uribe. 1990. Atlas agroclimático de Chile. Regiones V y Metropolitana. Universidad de Chile, Santiago de Chile. 12p.

Solartopo, 2014. Longitud del día durante el año. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.solartopo.com/duracio-del-dia-el-ano.htm>> Consultado el: 05 de marzo de 2014.

Taga, M.; E. Miller and D. Pratt. 1984. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. J. Am. Oil Chem. Soc. 61(5): 929.

Value Wellness Organic. 2012. FAQ: Value Wellness Mexico Chia Seeds. [En línea]. Recuperado en: <<http://valuewellness.sg/faq/>> Consultado el: 08 de julio de 2014.

Villegas, D. 2014. Efecto de la aplicación de herbicidas sobre el rendimiento en chía (*Salvia hispanica* L.) en la Región Metropolitana. Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Santiago de Chile: Universidad de Chile. 39p.

Weber, C.; H. Gentry, E. Kohlhepp and P. McCrohan. 1991. The nutritional and chemical evaluation of chia seed. Ecol. Food Nutr. 26: 119-125.

## ANEXOS

**Anexo I.** Informe de análisis de agua del pozo utilizado para el riego de las plantas de chí.

**INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS**

**PRESENTACIÓN (1 de 2 páginas)**

Laborat. Análisis Ambientales  
Archivo A-8738\_28-12\_Universidad de Chile.xls

Solicitante:	<b>Universidad de Chile</b>	RUT:	<b>60.910.000-1</b>
Atención:	<b>Sra. Cecilia Baginsky</b>	Fax:	<b>s/inf.</b>
Teléfono:	<b>+56-2 979728 anexo 233</b>	Email:	<b>cbaginsky@gmail.com</b>
Casilla:	<b>s/inf.</b>		
Dirección:	<b>Santa Rosa 11315</b>	Ciudad:	<b>Santiago</b>
Comuna:	<b>La Pintana</b>	Región:	<b>Metropolitana</b>
Provincia:	<b>Santiago</b>		

**Identificación de muestras**

Original	Sitio - Localidad	Solicitante	Recolector	Fecha		Laboratorio	
				toma	recepción	Nº	Recibo
Laguna del Peral	San Antonio	C. Baginsky	s/inf.	07-12-12	10-12-12	C-8738-A	28

Muestras remitidas por el solicitante, sin participación del personal del Laboratorio en muestreo o traslado.

Fecha informe: **21-12-12**

**XIMENA GÁLVEZ LETELIER**  
Técnico Químico  
Analista Responsable

**REGINA ITE DURÁN**  
Licenciada en Química  
Encargada de Laboratorio



**Anexo I.** Informe de análisis de agua del pozo utilizado para el riego de las plantas de chí. (Continuación)

**INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS**

**RESULTADOS (2 de 2 páginas)**

Laboratorio: **Análisis Ambientales**  
 Archivo: **A-8738\_28-12\_Universidad de Chile.xls**

N° INIA	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
		dS/m	mmol+/L				mmol-/L		mg/L	
C-8738-A	7,5	<b>2,06</b>	11,55	5,39	7,51	0,38	ND	5,30	<b>262</b>	<b>258</b>
<b>Valores normados</b>	5,5-9	>0,75	No normados						>250	>200

ND : No detectado    NS : No solicitado

N° INIA	RAS	Na%	Boro mg/L	Clase de salinidad (según NCH-1333 Of. 78, Capítulo "Aguas para riego")
C-8738-A	2,58	30,3	NS	<i>Agua con la cual, generalmente, se observarán efectos perjudiciales y requieren de métodos de manejo cuidadosos. Contenido de sulfatos y cloruros exceden valores normados</i>
<b>Valores normados</b>		35%	0,75	

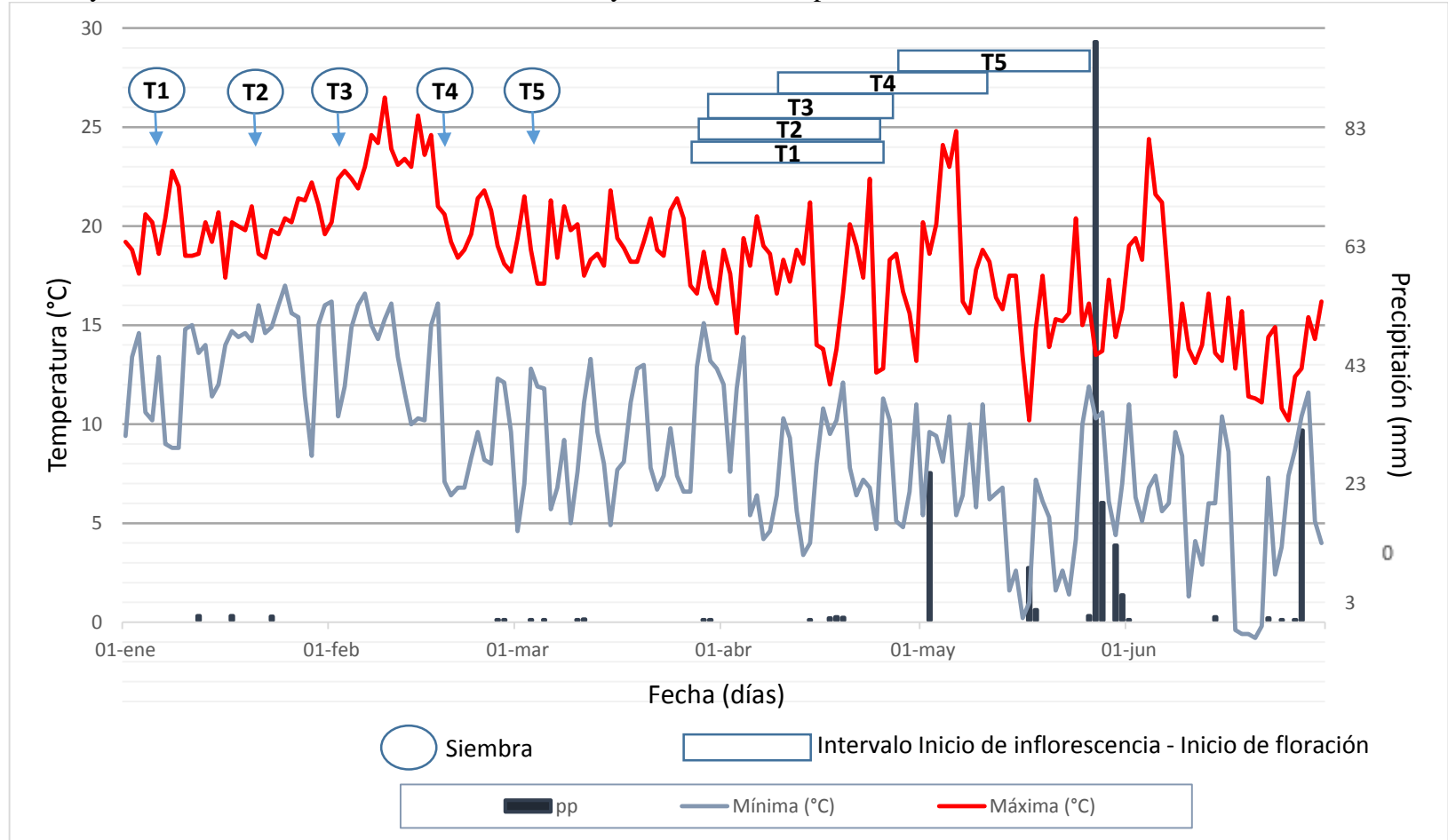
En rojo, negrita y cursiva, parámetros que exceden límites máximos permitidos (según NCH-1333, Capítulo "Aguas para riego")

Fecha de informe:    21-12-12

**XIMENA GÁLVEZ LETELIER**  
 Técnico Químico  
 Analista Responsable

**REGINA ITE DURÁN**  
 Licenciada en Química  
 Encargada de Laboratorio

**Anexo II.** Temperatura y precipitación enero-junio de 2013. Estación experimental Santo Domingo. Se señala el momento de siembra y el intervalo entre el inicio de inflorescencia y floración de las plantas de chíá.



**Anexo III.** Longitud del día durante el año. El Tabo, Chile (Solartopo, 2014). Se incluye la ocurrencia de los estados de inicio de ramificación, emisión de inflorescencia y floración de las plantas de chíá sembradas entre el 04 de enero y el 02 de febrero, que fue prácticamente simultánea.

