

2016

EFECTO DEL PORTAINJERTO INIA  
SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y  
CONTENIDO MINERAL DEL TOMATE  
LIMACHINO ANTIGUO (SOLANUM  
LYCOPERSCUM MILL) CULTIVADO  
BAJO CONDICIONES DE  
INVERNADERO EN LA REGIÓN DE  
VALPARAISO, CHILE

CASTRO GALLARDO, FERNANDO OSVALDO

---

<http://hdl.handle.net/11673/23438>

*Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA*

**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA**

**DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS**

**SANTIAGO - CHILE**



**UNIVERSIDAD TECNICA  
FEDERICO SANTA MARIA**

**Efecto del portainjerto INIA sobre la productividad y  
contenido mineral del Tomate Limachino Antiguo  
(*Solanum lycopersicum* Mill.) cultivado bajo  
condiciones de invernadero en la región de Valparaíso.  
Chile**

**Fernando Osvaldo Castro Gallardo**

**MGTA, Magister en Gestión y Tecnología Agronómica**

**Junio de 2016**

**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA**

**DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS  
SANTIAGO - CHILE**



UNIVERSIDAD TECNICA  
FEDERICO SANTA MARIA

**Efecto del portainjerto INIA sobre la productividad y  
contenido mineral del Tomate Limachino Antigo  
(*Solanum lycopersicum* Mill.) cultivado bajo  
condiciones de invernadero en la región de Valparaíso.  
Chile**

Tesis de Grado presentada por  
**Fernando Osvaldo Castro Gallardo**  
Como requisito para optar al grado de  
**MGTA, Magister en Gestión y Tecnología Agronómica**

**Profesor Guía: Juan Pablo Martínez**  
Junio de 2016

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: Fernando Osvaldo Castro Gallardo

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Castro', enclosed within a large, stylized, horizontal oval shape.

Firma:.....

Fecha: 15 de Junio de 2016

## AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo a mi esposa Anita por su gran apoyo, comprensión y amor incondicional.

Y a mis amados hijos Sebastián, Gabriel, Cristobalito y Julietita, por todas esas horas que no pude compartir con Uds.

Al gran apoyo técnico profesional de mi profesor guía Ph,D. Juan Pablo Martínez y a todos los que me apoyaron para escribir y terminar esta tesis

## RESUMEN

La investigación en nutrición y fertilidad en portainjertos para tomate no ha sido muy desarrollada en Chile, y variedades locales de tomate con buenas características organolépticas y sensoriales (“aroma y sabor”) están siendo demanda por el consumidor, no obstante su problema de escasa vida pos cosecha. La propuesta considera implementar el manejo de injertación en el Tomate Limachino Antiguo para resolver el problema aludido, ya que existen antecedentes que la utilización de portainjerto permite una mayor absorción de nutrientes desde el suelo por parte de la raíces. Este estudio postula que “el Tomate Limachino Antiguo (*Solanum lycopersicum* Mill.) injertado sobre el portainjerto INIA, posee una mayor extracción de nutrientes desde suelo (N-P-K-Ca-Mg y Na) que el Tomate Limachino Antiguo injertado sobre sí mismo”. El propósito del estudio fue determinar el efecto del portainjerto INIA sobre crecimiento, productividad, contenido y extracción mineral (N, P, K, Ca, Mg y Na) en este tomate local cultivado bajo condiciones de invernadero frío. El ensayo se realizó en INIA-La Cruz situado en La Cruz, región de Valparaíso. Los tratamientos fueron dos: T1 (Tomate Limachino Antiguo autoinjertado) y T2 (Tomate Limachino Antiguo injertado sobre portainjerto INIA) con un diseño de seis bloques completamente al azar. No se observó efecto de tratamiento en la biomasa área fresca y seca, ni en el contenido mineral en fruto, hoja y tallo. Sin embargo, se detectó una tendencia a una mayor biomasa seca en relación a la biomasa fresca por efecto tratamiento (disminución de succulencia). El efecto portainjerto sobre la extracción mineral mostró un incremento significativo en N, P y K en fruto, hoja y tallo, siendo más importante la extracción en K en fruto. En Ca y Mg se produjo una mayor extracción en hoja y tallo en relación al fruto. Por lo tanto, se concluye que los niveles extracción mineral en plantas injertadas sobre portainjerto INIA son diferentes y superiores a las plantas autoinjertadas, lo que sugiere manejos de dosificación de fertilizantes distintos.

**Palabras claves:** Tomate Limachino Antiguo, portainjerto, extracción mineral

## ABSTRACT

The research on the nutrition and fertility of tomato rootstock has not been developed in Chile. The local tomato varieties with good organoleptic and sensory characteristics (taste and aroma) are being very demanded by consumer, but they have some post-harvest problems. Our proposal considers the implementation of grafting management in the Old Limachino Tomato in order to resolve the aforementioned problems, since some studies indicate that rootstock usage leads to roots' increased absorption of nutrients from the soil. Therefore, this investigation posits that the old Limachino tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.) grafted onto INIA rootstock exhibits greater nutrient uptake from soil (N-P-K-Ca-Mg and Na) than the old Limachino tomato grafted onto itself. Accordingly, this study intended to determine the effect of the INIA graft on growth, productivity, nutrient content and uptake (N, P, K, Ca, Mg, and Na) of the Old Limachino Tomato cultivated under cold greenhouse conditions. The trial took place at the campus of INIA-La Cruz, in Quillota province, La Cruz, Valparaíso region. There were two treatments: T1 (self-grafted Old Limachino Tomato) and T2 (Old Limachino Tomato grafted onto INIA rootstock), with a statistical design of six completely randomized blocks. No treatment effect was observed in fresh and dry biomass area growth, nor was it observed in mineral content in fruit, leaf, or stem. Nevertheless, a tendency toward greater dry biomass was detected in relation to fresh biomass due to treatment effect (a decrease in succulence). The graft effect on nutrient uptake showed a significant increase in N, P, and K in fruit, leaf, and stem, where K uptake in the tomato fruit was most notable. A greater uptake of Ca and Mg was produced in leaf and stem than in fruit. Therefore, we conclude that the nutrient uptake levels in plants grafted onto INIA rootstock are different from and superior to those in auto-grafted plants, suggesting a need for different fertilizer dosing management.

**Key words:** Old Limachino Tomato, rootstock, nutrient uptake

## INDICE

	Pag
1. Introducción	1
2. Revisión bibliográfica	3
2.1 Origen del cultivo	3
2.2 Escenario del tomate a nivel nacional y mundial	3
2.3 Características generales del cultivo de tomate	5
2.4 Requerimientos de clima, suelo y agua	6
2.5 Uso de portainjertos	7
2.6 Nutrición del cultivo	13
3. Hipótesis de Trabajo	17
4. Objetivos	18
4.1 Objetivo General	18
4.2 Objetivos Específicos	18
5. Material y Método	19
5.1 Ubicación del ensayo	19
5.2 Condiciones agroecológicas	19
5.3 Material vegetal	19
5.4 Infraestructura de invernadero	21
5.5 Sistema fertirriego	21
5.6 Tratamientos y Diseño experimental	23
5.7 Mediciones	24
5.7.1 Biomasa aérea	24
5.7.2 Contenido mineral	24
5.7.3 Extracción mineral	25
5.8 Análisis estadístico	25
6. Resultados	26
6.1 Biomasa aérea	26

6.1.1	Peso fresco y seco por órgano y total de la planta por eje	26
6.1.2	Peso fresco y seco por órgano y total de la planta por m <sup>2</sup>	27
6.2	Contenido mineral de la parte aérea de la planta	30
6.2.1	Contenido de nitrógeno	30
6.2.2	Contenido de fósforo	33
6.2.3	Contenido de potasio	35
6.2.4	Contenido de calcio	37
6.2.5	Contenido de magnesio	39
6.2.6	Contenido de sodio	41
6.3	Extracción mineral de la parte aérea de la planta	43
6.3.1	Extracción de nitrógeno	43
6.3.2	Extracción de fósforo	45
6.3.3	Extracción de potasio	47
6.3.4	Extracción de calcio	49
6.3.5	Extracción de magnesio	51
6.3.6	Extracción de sodio	53
7.	Discusión	55
8.	Conclusión	61
9.	Referencias bibliográficas	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Diseño experimental: distribución parcelas, tratamientos y bloques (repeticiones). 23
- Figura 2.** Peso fresco (A y B) y seco (C y D) de órganos y total de la planta por superficie ( $\text{kg m}^{-2}$ ) en Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA) a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 28
- Figura 3.** Contenido de nitrógeno (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación (T1, A) autoinjertado y (T2, B) injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 32
- Figura 4.** Contenido de fósforo (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación (T1, A) Autoinjertado y (T2, B) Injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 34
- Figura 5.** Contenido de potasio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación (T1, A) Autoinjertado y (T2, B) Injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 37

**Figura 6.** Contenido de calcio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación (T1, A) Autoinjertado y (T2, B) Injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 39

**Figura 7.** Contenido de magnesio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación (T1, A) Autoinjertado y (T2, B) Injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 41

**Figura 8.** Contenido de sodio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación (T1, A) autoinjertado e (T2, B) injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 43

**Figura 9.** Extracción de N (A, B) total en  $\text{g m}^{-2}$  de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (Autoinjertado) y T2 (Injertado sobre patrón INIA), a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 45

**Figura 10.** Extracción de P (A, B) total en  $\text{g m}^{-2}$  de plantas de Tomate 47  
Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de  
injertación: T1 (Autoinjertado) y T2 (Injertado sobre patrón INIA), a 109, 116,  
123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la  
cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la  
provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

**Figura 11.** Extracción de K (A, B) total en  $\text{g m}^{-2}$  de plantas de Tomate 49  
Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de  
injertación: T1 (Autoinjertado) y T2 (Injertado sobre patrón INIA), a 109, 116,  
123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la  
cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente cultivados en invernaderos fríos en la  
provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

**Figura 12.** Extracción de Ca (A y B) total en  $\text{g} \cdot \text{m}^2$  de plantas de Tomate 51  
Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de  
injertación: T1 (Autoinjertado) y T2 (Injertado sobre patrón INIA), a 109, 116,  
123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la  
cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente cultivados en invernaderos fríos en la  
provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

**Figura 13.** Extracción de Mg (A, B) total en  $\text{g m}^{-2}$  de plantas de Tomate 53  
Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de  
injertación: T1: Autoinjertado y T2: Injertado sobre patrón INIA, cultivados en  
invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

**Figura 14.** Extracción de Na (A, B) total en  $\text{g m}^{-2}$  de plantas de Tomate 55  
Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de  
injertación: T1: Autoinjertado y T2: Injertado sobre patrón INIA, cultivados en  
invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resistencias a factores bióticos de algunas especies de tomate:	9
<b>Tabla 2.</b> Resistencias a factores abióticos de algunas especies de tomate	11
<b>Tabla 3.</b> Principales características de algunos portainjertos comercializados en Chile.	11
<b>Tabla 4.</b> Requerimiento de nutrientes por tonelada de fruta producida de tomate.	14
<b>Tabla 5.</b> Contenidos de nutrientes en biomasa aérea de plantas de Tomate	14
<b>Tabla 6.</b> Peso fresco y seco de órganos y total de la planta por eje (kg eje <sup>-1</sup> ) en Tomate Limachino Antiguo ( <i>Solanum Lycopersicum</i> Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA), cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.	26
<b>Tabla 7.</b> Peso fresco y seco total de la planta por eje (kg eje <sup>-1</sup> ) en Tomate Limachino Antiguo ( <i>Solanum Lycopersicum</i> Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA) en las cosechas 1, 2, 3, 4 y 5, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.	27
<b>Tabla 8.</b> Peso fresco (A y B) y seco (C y D) de órganos y total de la planta por superficie (kg m <sup>2</sup> ) en Tomate Limachino Antiguo ( <i>Solanum Lycopersicum</i> Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA), cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.	29

- Tabla 9.** Peso fresco y seco total de la planta por superficie ( $\text{kg m}^{-2}$ ) en Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA) en las cosechas 1, 2, 3, 4 y 5, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 29
- Tabla 10.** Contenido de nitrógeno (% N) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA), cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 30
- Tabla 11.** Contenido de nitrógeno (% N) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 31
- Tabla 12.** Contenido de fósforo (% P) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 33
- Tabla 13.** Contenido de fósforo (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 33
- Tabla 14.** Contenido de potasio (K, %) en fruto, hoja y tallo en plantas de tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 35

- Tabla 15.** Contenido de potasio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 35
- Tabla 16.** Contenido (%) de Ca en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 38
- Tabla 17.** Contenido de calcio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 38
- Tabla 18.** Contenido de magnesio (%) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 40
- Tabla 19.** Contenido de magnesio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 40
- Tabla 20.** Contenido de sodio (Na, %) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 42

<b>Tabla 21.</b> Contenido de sodio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo ( <i>Solanum Lycopersicum</i> Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.	42
<b>Tabla 22.</b> Extracción de nitrógeno (N, g m <sup>-2</sup> ) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo ( <i>Solanum Lycopersicum</i> Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA), cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.	44
<b>Tabla 23.</b> Extracción de nitrógeno (N, g m <sup>-2</sup> ) en fruto, hoja, tallo y total de plantas de tomate Limachino ( <i>Solanum Lycopersicum</i> Mill.) a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.	44
<b>Tabla 24.</b> Extracción de fósforo (P, g m <sup>-2</sup> ) en fruto, hoja y tallo en plantas de tomate Limachino antiguo autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.	46
<b>Tabla 25.</b> Extracción de fósforo (g m <sup>-2</sup> ) en fruto, hoja, tallo y total de plantas de tomate Limachino ( <i>Solanum Lycopersicum</i> Mill.) a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.	46
<b>Tabla 26.</b> Extracción de potasio (K, g m <sup>-2</sup> ) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.	48

- Tabla 27.** Extracción de potasio ( $\text{g m}^{-2}$ ) en fruto, hoja, tallo y total de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 48
- Tabla 28.** Extracción de Ca ( $\text{g m}^{-2}$ ) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 50
- Tabla 29.** Extracción de calcio ( $\text{g m}^{-2}$ ) en fruto, hoja, tallo y total de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota. Región de Valparaíso, Chile. 50
- Tabla 30.** Extracción de magnesio (Mg,  $\text{g m}^{-2}$ ) en fruto, hoja y tallo en plantas de tomate Limachino antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 52
- Tabla 31.** Extracción de magnesio (Mg,  $\text{g m}^{-2}$ ) en fruto, hoja, tallo y total de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 52

**Tabla 32.** Extracción de sodio ( $\text{Na}$ ,  $\text{g m}^{-2}$ ) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 54

**Tabla 33.** Extracción de sodio ( $\text{g m}^{-2}$ ) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. 54

## 1 INTRODUCCION

La producción total de tomate para el año 2013, según INE (2015) fue de 348 mil toneladas de tomate fresco. De esta producción, el 100% está destinado al mercado interno, siendo el principal productor la Región de Arica y Parinacota, seguido de la Región de Valparaíso. Ambas regiones presentan una importante tecnificación en sus procesos productivos al utilizar semillas certificadas, almácigos y sistemas de fertirrigación.

Sin embargo, no se han reportado mejoramientos integrales en las prácticas agronómicas en la producción de tomate fresco con portainjertos mejorados para las condiciones de nuestro país. La totalidad de los portainjertos comerciales usados en Chile son suministrados por empresas internacionales tales como De Ruiters Seeds (Monsanto) y Syngenta. Por tanto, la genética de todas las variedades y de los portainjertos que hoy se utilizan en hortalizas en Chile provienen del extranjero.

La introducción de los portainjertos en tomate chilenos es una alternativa al uso del bromuro de metilo (Copenhague, 1993), ya que sus ventajas radicarían en una mayor resistencia a enfermedades del suelo como hongos y nemátodos. Además, le confiere a las variedades injertadas una temporada más prolongada y un alto vigor, con potenciales productivos más elevados y mayores calibres de tomate, mejorando la eficiencia del uso del agua y fertilizante por la planta, traduciéndose en una mayor competitividad del cultivo. En España los portainjertos están extensamente utilizados, llegando al 100% de la producción total por medio de esta tecnología, en donde para superar los problemas de salinidad se utiliza el injerto sobre patrones tolerantes. Los portainjertos más utilizados son producidos por dos empresas, Syngenta (Arnold y Armstrong) y Rijk Zwaan (Big Power RZ, King Kong RZ, Gladiator RZ).

Los únicos materiales de portainjertos en tomate generados en Chile ha sido desarrollado por INIA, el cual tiene el portainjerto INIA (JUPAFORT) que es un portainjerto obtenido a partir de material vegetal de tomate del banco germoplasma de INIA proveniente de una accesión local de tomate (Poncho negro, SLY001) que fue elegida por su buena adaptación a climas secos y suelos salinos del norte de Chile.

Por otro parte, existen aún pocos estudios en Chile para el desarrollo o recuperación de variedades locales de tomate que aporten en rendimiento o valor agregado. Que permita contar con un abanico de posibilidades más amplio del existente. En esta última línea es que el INIA en conjunto con la Universidad Técnica Federico Santa María han venido desarrollando un programa de recuperación del Tomate Limachino Antiguo, variedad que por sus características organolépticas de sabor, aroma, color y textura constituye un verdadero patrimonio histórico de la producción de tomate en Chile. Según la experiencia recogida de los agricultores tradicionales de la cuenca de Limache, expresan que debido al corto periodo de cosecha de un mes (diciembre a enero) y la corta duración del fruto de poscosecha de (3-4 días), se requiere conocer manejos de precosecha que puedan mejorar la calidad del fruto, siendo el manejo de la nutrición del cultivo un factor muy relevante en la posible solución de estos problemas (tipo y cantidad de nutrientes, momento de las aplicaciones) y otros manejos agronómicos. Para un manejo óptimo en fertilización en Tomate Limachino Antiguo se requiere conocer el contenido y extracción mineral por parte de cultivo en condiciones de planta franca e injertada.

El propósito del estudio fue determinar el efecto del portainjerto INIA sobre crecimiento, productividad, contenido y extracción mineral (N, P, K, Ca, Mg y Na) del Tomate Limachino Antiguo cultivado bajo condiciones de invernadero frío.

## **2 REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **2.1 Origen del cultivo**

El tomate (*Solanum Lycopersicum* Mill.) es considerado una de las hortalizas de mayor importancia en muchos países de mundo, ocupando el segundo lugar sólo superado por el cultivo de la papa. El tomate tiene su origen en la Región andina de Perú, Ecuador, Bolivia, el norte de Chile, y las islas Galápagos. Su antepasado más cercano es *Solanum Lycopersicum* var. *ceraciforme*, que crece espontáneamente en las regiones tropicales y subtropicales de América. El cultivo se introdujo en el siglo XVI en algunos países de Europa como por ejemplo Italia donde se empezó a consumir el tomate como alimento. En otros países europeos solo se utilizaba en farmacia y así se mantuvo en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y allí a otros países asiáticos, y de Europa, también se difundió a Estados Unidos y Canadá (AGROS 2015).

### **2.2 Escenario del tomate a nivel nacional y mundial**

De acuerdo a estimaciones de la FAOSTAT. (2015), el tomate es la hortaliza más cultivada en el mundo, alcanzando 4,7 millones de hectáreas y una producción de 164 millones de toneladas en el año 2013. En la última década se caracteriza por tener un alza gradual de la superficie (11%) y la producción (28%), lo que muestra un avance en lo que respecta a los rendimientos. Esta alza gradual coincide con un aumento en la demanda mundial de tomate, que está dada por el crecimiento de la población (12% entre 2004 y 2011) y el consumo per cápita de esta hortaliza (13% en el período), que en 2011 llega a 55 g/persona/día. Los principales países productores son China, India y Estados Unidos, con participaciones de 31%, 11% y 8%, respectivamente. En Latinoamérica en general participa con un 6,4% de la producción mundial.

Siendo Brasil, el más importante con un 43,6%, seguido de México (24%), Chile (8,6%), Argentina (6,9%), Colombia (5,9%), y un 11% para el resto de los países de la zona.

A nivel nacional, el tomate también es considerado la hortaliza más importante, con producciones de 548.000 t año<sup>-1</sup> de tomate fresco. Desde el punto de vista de la alimentación de la familia chilena, ocupa el primer lugar dentro de las hortalizas de la canasta (ponderación de 0,37%), lo que significa que es la hortaliza a la que los hogares destinan más recursos, de acuerdo con las estimaciones del INE (2007).

En nuestro país, el tomate para consumo fresco es el tercer cultivo hortícola con mayor superficie, con una participación de 7%, después del choclo y la lechuga, de acuerdo a las estimaciones del ODEPA para el año 2014. La superficie de tomate en 2014 aumentó sólo 3%, se ha mantenido sin grandes variaciones durante los últimos años.

El 69% de la superficie nacional con tomate para consumo fresco se concentra entre las regiones de Valparaíso y del Maule. La región con mayor superficie de esta hortaliza es la Región de O'Higgins, con 973 hectáreas (19%), seguida de la Región de Valparaíso, con 876 hectáreas (17%). La superficie cultivada nacional fluctúa entre las 4.900 a 5.200 hectáreas anuales. De estas aproximadamente 1.000 hectáreas corresponden a tomates producidos bajo invernaderos.

Hay abastecimiento del mercado durante gran parte del año; la producción en invernadero y de Arica complementa la producción al aire libre cuando esta es incapaz de abastecer el mercado.

Con respecto a las importaciones son mínimas y esporádicas; por lo tanto, el

mercado chileno está determinado fundamentalmente por la oferta interna. Argentina ha sido nuestro principal país de destino, con volúmenes variables entre años; luego siguen Estados Unidos y España (ODEPA, 2015).

### **2.3 Características generales del cultivo de tomate**

Las plantas de tomate poseen un sistema radicular potente, con una profunda raíz principal y numerosas raíces secundarias, además emite con gran facilidad raíces adventicias en el tallo cuando entra en contacto con el suelo. Su tallo es anguloso y cubierto de pelos glandulares. El hábito de crecimiento del cultivo de tomate puede ser determinado o indeterminado, las variedades de crecimiento determinado son las que una vez emitidos un número determinado de racimos florales, la planta emite un último racimo floral, dando por terminado el crecimiento de la planta; las de crecimiento indeterminado emiten continuamente en su punto de crecimiento racimos florales y la finalización del cultivo se da por decisión del productor o considerando las ventanas comerciales ya sean nacionales o internacionales. Las hojas son alternadas e imparipinadas, con un número de 7-9 folíolos, e igualmente están cubiertas con pelos glandulares. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas. El fruto tomate, es una baya bilocular o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Este está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. Las semillas se caracterizan por ser aplanadas de color amarillo y reniforme, con poder germinativo que mantiene por varios años (Monardes, 2009).

## 2.4 Requerimientos de clima, suelo y agua

La temperatura óptima de las raíces para su crecimiento es de 22-25° C, las temperaturas inferiores a 15° C reducen la cantidad y la calidad de los frutos y predisponen a las raíces a las enfermedades radiculares, así como también, se incrementa el riesgo de una deficiencia de fósforo y del magnesio. Las diferencias de temperatura entre el día y la noche para el crecimiento óptimo del tomate, se ubican entre los 6° y 7° C (Nuño, 2007).

Bajo condiciones de invernadero la humedad relativa deberá oscilar entre el 60-80%, humedades relativas mayores a 80% favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas, así como el agrietamiento del fruto, además dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta provocando aborto floral; humedades relativas bajas, dificultan la fijación de polen en el estigma de la flor. Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de manera negativa sobre los procesos de floración, fecundación, así como el desarrollo vegetativo del cultivar y la fotosíntesis. Durante el período vegetativo resulta importante la interrelación que existe entre las temperaturas diurnas, nocturnas y la luminosidad (Nuño, 2007).

Las plantas de tomate no son muy exigentes en cuanto a suelo, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque el cultivo prefiere suelos sueltos de textura media y ricos en materia orgánica. La acumulación de sales, enfermedades del suelo, los insectos plaga y los nematodos, son factores muy importantes que pueden limitar seriamente la producción (Escaff et al, 2005).

El manejo apropiado del riego es fundamental para obtener adecuados rendimiento y calidad. En producciones al aire libre el cultivo puede requerir de 6.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de agua y en invernaderos hasta 10.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Ferreyra et al, 2005)

## **2.5 Uso de portainjertos.**

El injerto es la unión de dos o más partes de tejido vegetal vivo que crecen como una sola planta (Rouphael et al., 2010). Se originó en Asia cerca de 1920 como una manera de manejar el marchitamiento por *Fusarium* transmitido por el suelo en sandía y su uso se ha extendido a otras partes del mundo y ahora incluye a las cucurbitáceas y solanáceas, incluyendo melón, pepino, tomate, pimiento y berenjena y es una técnica de rutina utilizada en los sistemas de cultivo continuo (King et al., 2010).

El injerto es una alternativa ecológica al uso de fumigantes de suelo que puede ser utilizado para el control de plagas y enfermedades, así como para resolver el complejo conocido como cansancio del suelo. También puede ser empleado para reducir problemas debidos a agentes abióticos como salinidad, sequía, temperatura, encharcamiento (Miguel et al., 2007)

Las razones para injertar, así como los tipos de hortalizas injertadas han aumentado notablemente en los últimos años (Estañ et al., 2005; Rouphael et al., 2010), varios autores (Edelstein, 2004; Lee, 2007) señalan entre los posibles beneficios del injerto el mejorar la tolerancia a la salinidad y evitar o reducir las pérdidas de producción causadas por la salinidad del medio en genotipos de alto rendimiento, manejar enfermedades del suelo en genotipos sensibles, mejorar la absorción de agua y nutrientes y aumentar el crecimiento de las plantas, la calidad de la fruta y el rendimiento así como mejorar la respuesta del cultivo a una variedad de estreses abióticos como la humedad, salinidad, fertilidad, temperaturas extremas altas y bajas y la pérdida de las propiedades físicas del suelo, todos factores que tienen como consecuencia la inestabilidad del cultivo.

También el uso del injerto mejora la calidad y las características físico-químicas de los frutos y aumenta la tolerancia a la salinidad en el suelo (Álvarez, 2011).

Sumado a esto, Davis et al. (2008) indica que las plantas injertadas aumenta la fotosíntesis, que es particularmente notable en condiciones menos óptimas de crecimiento, tales como la luz del sol débil y bajo contenido de CO<sub>2</sub> en invernaderos durante los meses de invierno.

Las fuentes genéticas más comunes de portainjertos de tomate son híbridos de tomate e híbridos interespecíficos de tomate. De fuentes comerciales disponibles en la actualidad, la mayoría de los cultivares de portainjertos se originaron a partir de la detección de múltiples líneas de *S. habrochaites* (S. Knapp y D.M. Spooner) y cruzando las selecciones con tomate y así crear híbridos para utilizar como portainjertos y hay unos cuantos portainjertos de tomate de polinización abierta disponibles, que aparecen como resultado de la selección directa en el ambiente específico. Parecería que el potencial genético de otras especies de *Solanum* aún no ha sido completamente explotado para el desarrollo de portainjertos (King et al., 2010).

Es probable que ocurran nuevos problemas en el entorno agrícola y los fitomejoradores deben estar preparados para hacer frente a estos nuevos problemas teniendo germoplasma de portainjertos disponible para hacer frente y así asegurar que el injerto siga siendo una opción viable para los productores de manejar los estreses bióticos y abióticos que limitan el rendimiento y la calidad de los cultivos (King et al., 2010).

Los únicos requisitos de los portainjertos es que sean compatibles con el injerto y que proporcionen los caracteres deseados sin aportar características negativas. A pesar de que la compatibilidad del injerto a menudo limita los portainjertos a unas pocas especies estrechamente relacionadas, se ha

encontrado que los híbridos interespecíficos a menudo producen portainjertos de alta calidad que aumentan en gran medida la diversidad genética del portainjerto (King et al., 2010).

Los tomates silvestres por estar estrechamente relacionados han sido considerados como donantes ideales de genes para mejorar la tolerancia a la salinidad en cultivares comerciales (Sun et al., 2010).

Y la mayoría de los parientes silvestres del tomate son fáciles de cruzar con el tomate cultivado y proporcionan una fuente rica en genes de resistencia y tolerancia a estreses bióticos y abióticos, como la salinidad (Frary et al., 2010).

Los mejoradores han desarrollado muchos genotipos seleccionados por caracteres como alto rendimiento, resistencia a patógenos y tolerancia a estrés abiótico, pero el uso de estos diferentes genes identificados en este germoplasma ya seleccionado debe ser enfatizado (Yamaguchi y Blumwald, 2005).

En las Tabla 1 y 2 se describen las principales resistencias presentes en diversas variedades de tomate a factores bióticos y abióticos.

**Tabla 1.** Resistencias a factores bióticos de algunas especies de tomate:

<b>Resistencia a enfermedades</b>	<b>Especie</b>
<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>S. pennellii</i> , <i>S. pimpinellifolium</i>
<i>Verticillium alboatrum</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>
<i>Colletotrichum</i> sp.	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>
<i>Alternaria solani</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>
<i>Botrytis cinerea</i>	<i>S. Habrochaites</i>
<i>Septoria lycopersici</i>	<i>S. habrochaites</i>
<i>Pyrenochaeta terrestres</i>	<i>S. pimpinellifolium</i>

<i>Stemphyllium solani</i>	<i>S. pimpinellifolium</i>
<i>Cladosporium fulvum</i>	<i>S. pimpinellifolium</i>
<b>Resistencia a Virus</b>	
<i>Virus del Mosaico del tomate</i>	<i>S. habrochaites, S peruvianum, S chilense</i>
<i>TSWW</i>	<i>S. pimpinellifolium</i>
<i>Geminivirus</i>	<i>S chilense</i>
<b>Resistencia a Nemátodos</b>	
<i>Meloidogyne sp.</i>	<i>S. habrochaites, S peruvianum</i>
<b>Resistencia a Bacteria</b>	
<i>Pseudomonas sp.</i>	<i>S. pimpinellifolium</i>
<b>Resistencia a Insectos</b>	
<i>Liriomyza sp</i>	<i>S. habrochaites</i>
<i>Tetranichus sp.</i>	<i>S. habrochaites</i>
<i>Heliothis zea</i>	<i>S. habrochaites</i>

**Fuente:** Mejoramiento genético del tomate y producción de semillas. Instituto de Investigaciones agropecuarias (INIA).

**Tabla 2.** Resistencias a factores abióticos de algunas especies de tomate

<b>Tolerancia a factores ambientales</b>	<b>Especie</b>
Tolerancia a baja T °	<i>S chilense</i> , <i>S. pimpinellifolium</i>
Tolerancia a alta T °	<i>S. lycopersicum</i> , <i>S. pimpinellifolium</i>
Tolerancia a la sequía	<i>S. pennelli</i> , <i>S chilense</i>
Tolerancia a salinidad	<i>S. cheesmanii</i> , <i>S pennelli</i> , <i>S chilense</i>

**Fuente:** Mejoramiento genético del tomate y producción de semillas. Instituto de Investigaciones agropecuarias (INIA).

En Chile existen más de 40 alternativas de portainjertos para tomate por lo que se debe evaluar varios aspectos antes de apostar por uno (Martínez, 2012). Entre los más utilizados son: Arazi, Beaufort, Brigeot, Amnstrong, Emperador, Maxifort, Optifort, King Kong, Multifrt, entre otros. En la Tabla 4 se muestran las principales características de alguno de ellos.

**Tabla 3.** Principales características de algunos portainjertos comercializados en Chile.

<b>Portainjerto</b>	<b>Características</b>
King Kong RZ	Híbrido interespecífico del tipo KNVF, con alto vigor y sistema radicular potente. Se comporta muy bien en ciclos de cultivos largos, con temperaturas bajas y/o alta salinidad, consiguiendo una gran producción y frutos firmes de buen color. Es resistente al virus del *ToMV,Va,Fol 0-1, For,PI, y resistencia intermedia a Mi
Maxifort	Portainjerto para tomate y berenjena. Especialmente recomendada para usar con variedades de poca vegetación, poco vigor, poco tamaño y en condiciones de

	<p>cultivo extremas tales como bajas temperaturas y alta salinidad. Es resistente al virus ToMV, Va, Vd, Fol 0-1, For, PI, Ma, Mi, Mj.</p>
Beaufort	<p>Portainjerto del tipo indeterminado con un potente sistema radicular. Especialmente indicado donde haya problemas de suelo por alta tolerancia a las enfermedades más frecuentes de este. Este portainjerto induce, además, mayor vigor y mejor comportamiento con frio, más producción y más calibre de fruta. Compatible con todas las variedades de tomate y berenjena. Es resistente al virus del ToMV, Va, Vd, Fol 0-1, For, PI, Ma, Mi, Mj.</p>
Multifrt	<p>Híbrido interespecífico que posee un vigor similar a Maxifort, pero se diferencia por tener resistencia a la tercera raza de fusarium oxysporum f, sp, lycopersici. Es resistente al ToMV, Va, Vd, Fol 0-2, For, PI, Ma, Mi, Mj.</p>
Optifort	<p>Híbrido interespecífico de alto vigor con optima sanidad y compatible con todas las variedades. Aporta vigor a ciclos medios y largos de cultivo, consiguiendo un equilibrio entre la capacidad vegetativa o de crecimiento de la variedad y la productiva de la misma variedad. Recomendada para cultivos de ciclos cortos y largos en hidroponía y cortos y medianos en suelo debido a la precocidad</p>

	que otorga a las cosechas. Es resistente a ToMV, Va, Vd, Fol 0-2, For, Pl, Ma, Mi, Mj.
*ToMV: Virus del mosaico del tomate	Fol: Fusarium oxysporum lycopersici
For: Fusarium oxysporum radices	Fc: Fusarium Crown and root rot
Va: Verticillium albo-atrum	Vd: Verticillium dahliae
Ma: Meloidogyne arenaria	Mi: Meloidogyne incognita
Mj: Meloidogyne javanica	Pl: Pyrenochaeta lycopersici
Rs: Ralstonia solanacearum	Ff: Fulvia fulva (Cladosporium)

Fuente: Seminis Vegetable Seeds.

## 2.6 Nutrición del cultivo

Un adecuado programa de manejo nutricional sólo se puede hacer cuando hay una comprensión clara del rol de todos los nutrientes. Consecuentemente, por estar el crecimiento de los cultivos estrechamente vinculados a una adecuada nutrición mineral, el conocimiento de la extracción que realiza la planta de estos elementos en el suelo, se convierten una información básica para el diseño y planificación de la fertilización de los cultivos (Betancourt y Pierre, 2013).

El uso de portainjertos en tomate según Villasana (2010), Godoy *et al.* (2009) implica un sistema de raíces más vigoroso y activo que tiene la capacidad de absorber una mayor cantidad de nutrientes (nitrógeno), por tanto los niveles descritos para una planta franca (Tabla 4) bajo condiciones de estrés hídrico, deberían ser distintos a los encontrados en una planta injertada.

**Tabla 4.** Requerimiento de nutrientes por tonelada de fruta producida de tomate franco (no injertada).

<b>Nutriente</b>	<b>Kg de nutriente / t fruta</b>
<b>N</b>	2,2
<b>P</b>	0,5
<b>K</b>	3,9
<b>Ca</b>	1,6
<b>Mg</b>	0,4

Fuente: Tjalling 2006

En términos de extracción mineral Rincón (2002) determinó que los coeficientes de extracción de nutrientes ( $\text{kg t}^{-1}$ ) del tomate en invernadero fueron: 3,0; 1,0; 5,0; 2,5 y 1,0 para N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.

**Tabla 5** Contenido mineral promedios de frutos, hoja y tallo en plantas de Tomate.

<b>Elemento (%)</b>	<b>Fruto</b>	<b>Hojas</b>	<b>Tallo</b>
Nitrógeno	1,72	2,88	1,50
Fósforo	0,27	0,28	0,28
Potasio	4,18	2,39	3,97
Calcio	0,19	5,15	1,90
Magnesio	0,13	0,59	0,34

Fuente: Godoy et al. (2009)

El análisis químico del agua y del suelo es importante en el programa nutricional, el cual determina la capacidad para suministrar nutrientes a la planta y con base a una adecuada interpretación, se pueden diagnosticar los aportes, las deficiencias y/o toxicidades de cada nutriente. Por lo tanto, se considera un paso esencial para la formulación de recomendaciones de manejo (Sepúlveda et al, 2012).

En el caso de la nutrición del cultivo, se pone en manifiesto que los períodos de mayor consumo nutricional y una mayor acumulación de biomasa en la planta se asocia también con una extracción superior de nutrientes. En este sentido, se plantea que con el inicio del cuajado y crecimiento de los frutos comienzan a aumentar también las necesidades de nutrientes de la planta y, en consecuencia, cualquier déficit de algún elemento repercutirá de manera negativa en el crecimiento y rendimiento del tomate (Hernández, 2009).

En las primeras etapas de crecimiento de la planta de tomate, las hojas y el tallo son los órganos que más materia seca acumulan en la planta, y en las etapas finales del cultivo los mayores aportes corresponden a las hojas y al fruto (Betancourt y Pierre, 2013).

Importante destacar que autores como Villasana (2010) y Godoy et al. (2009) y, Sánchez - Rodríguez et al. (2013) trabajaron en la nutrición del cultivo, estudiando las extracciones de nutrientes en plantas injertadas, entre los datos obtenidos indican que, los cultivos incompatibles tienen menor rendimiento con respecto a una planta franca, produciendo un marchitamiento en las hojas, debido a un déficit hídrico, producido por la baja conductividad hidráulica del xilema. En caso contrario en donde exista una compatibilidad las plantas injertadas presentaron mayor vigor que se refleja en un incremento de 9% en acumulación de materia seca y en una mayor acumulación de todos los macronutrientes, excepto para magnesio.

El fin primordial del injerto en tomate es obtener resistencia a patógenos del suelo. Debido a las bondades del injerto, los objetivos a cumplir se han ido ampliando (Lee, 2007 y Oda, 2007), entre ellos se cita mayor absorción de nutrimentos y contenido mineral en la parte aérea, el incremento en el vigor de la planta y la vida de poscosecha de la fruta.

Por lo mencionado anteriormente, se debe ser riguroso en la nutrición del cultivo, el cual no permite excesos de fertilizante por ser más eficiente en la extracción del nutriente. También se debe destacar el uso simultáneo de portainjerto y variedades vigorosas tiende a reducir el rendimiento comercial cuando el cultivo no se maneja en forma especial (Godoy et al, 2009), escenario importante al momento de la elección del portainjerto.

La selección de un portainjerto eficiente para la extracción de nutrimentos es poco frecuente, casi siempre se selecciona con el criterio de resistencia al estrés biótico y abiótico, este último causado por el medio ambiente (Ruiz et al., 1997; Rivero et al., 2003).

Por lo tanto, el conocer el comportamiento nutricional que tienen las variedades al ser injertados puede ayudar para la elaboración de un programa de fertilización óptimo (Rivero et al., 2003) y, también, para mejorar la calidad del fruto, evitar un crecimiento excesivo de la planta (Lee y Oda, 2003) y ser más eficiente en el aporte nutrimental.

### **3 HIPÓTESIS DE TRABAJO**

La hipótesis de este estudio postula que “el Tomate Limachino Antiguo injertada sobre el portainjerto INIA, posee una mayor extracción de nutrientes desde suelo (N-P-K-Ca-Mg y Na) que el Tomate Limachino Antiguo injertado sobre sí misma”, ya que este portainjerto tiene un mayor vigor y volumen de raíces, lo que favorece la intercepción de nutrientes por parte de este órgano.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 General:**

- Determinar el efecto del portainjerto INIA sobre la productividad, contenido y extracción mineral (N, P, K, Ca, Mg y Na) del Tomate Limachino Antiguo (*Solanum lycopersicum* Mill.) cultivado bajo condiciones de invernadero en la Región de Valparaíso, Chile.

### **4.2 Específicos:**

- Evaluar el efecto del portainjerto INIA sobre crecimiento y productividad en Tomate Limachino Antiguo cultivado bajo condiciones de invernadero en la Región de Valparaíso, Chile.
- Determinar el efecto del portainjerto INIA sobre el contenido y extracción mineral (N, P, K, Ca, Mg y Na) en Tomate Limachino Antiguo cultivado bajo condiciones de invernadero en la Región de Valparaíso, Chile.

## **5 MATERIALES Y METODOS**

### **5.1 Ubicación del ensayo**

El ensayo se realizó en las dependencias del centro regional del INIA-La Cruz ubicado en La Cruz, Provincia de Quillota, Región de Valparaíso (32°59'LS; 71°10' LO a 105 m.s.n.m).

### **5.2 Condiciones agroecológicas**

El clima de la Provincia corresponde, de acuerdo a la clasificación de Köppen (1948), a clima templado de verano seco. Es una franja de ancho variable, donde se desarrolla este clima con temperaturas moderadas, sin nieve y casi sin heladas.

La Subprovincia de Aconcagua, se ubica geográficamente entre los ríos Petorca y Aconcagua. Di Castri (1976) denomina a este clima sector árido en tránsito, donde la precipitación media anual es de 200 a 300 mm, en promedio, alcanzando hasta 400 mm al sur de la subprovincia. Presenta temperaturas templadas cálidas, sin heladas de promedio anual de 14.8°C, la variación térmica es de 5,4°C y las temperaturas mínimas son de 8,6°C a 9,2°C. La humedad relativa es de 85%. El período de lluvias se concentra en dos a tres meses del año, con frecuentes lluvias de alta intensidad.

El cultivo se estableció en un suelo franco arenoso, plano y de profundidad efectiva 50 cm.

### **5.3 Material vegetal**

Se utilizaron plantas de un genotipo de tomate tipo "Limachino" (*Solanum*

*lycopersicum* Mill.) injertadas sobre un portainjerto experimental INIA más un testigo injertado sobre sí mismo. Para obtener una buena calidad de planta se enviaron las semillas a la empresa plantinera Europlant S.A. ubicada en la comuna de Hijuelas, región de Valparaíso.

El portainjerto INIA (JUPAFORT) es un portainjerto obtenido a partir de material vegetal de tomate del banco germoplasma de INIA proveniente de una accesión local de tomate (SLY001) que fue elegido por su buena adaptación a climas secos, nematodos y suelos salinos del norte de Chile (Martínez et al., 2012).

El Tomate Limachino Antiguo se utilizó por sus excelentes propiedades sensoriales (color, sabor, aroma y textura) y su alto contenido de compuestos bioactivos (licopeno), además de su importancia como hortaliza con potencial de denominación de origen. El tomate tipo Limachino es una variedad semi larga vida, presenta entrenudos de tamaño medio y buena cobertura foliar. Las principales desventajas son su cosecha concentrada y su escasa vida de poscosecha (3 a 4 días).

Los manejos culturales del cultivo incluyeron labores de guiado (regulando y dirigiendo el desarrollo de las plantas), desbrotes (eliminación de brotes laterales con el fin de determinar el tallo principal) y eliminación del florón (primera flor del tomate) y ajuste de carga. Las plantas fueron guiadas mediante cintas colgadas desde un sistema de alambres, diferenciadas por colores para diferenciar los tratamientos efectuados en el ensayo. En relación al manejo de conducción, se conservó el eje principal de las plantas a través de la poda de los brotes axilares durante el experimento. Para limitar la altura, se cortó el eje principal de las plantas de Tomate “Limachino Antiguo” después del octavo racimo, aproximadamente a los 1,8-2,0 m de altura.

#### **5.4 Infraestructura de invernaderos**

El ensayo se realizó en un invernadero frío a partir del 20 de noviembre 2014, momento que se realizó el trasplante, hasta la cosecha del quinto racimo, a las 18 semanas después del trasplante. El invernadero frío del tipo capilla tenía una dimensión de 10 x 11 m con una ventilación lateral y una lucarna en la parte superior. Esta estructura fue cubierta con de plástico de polietileno con filtro UV de 200 micrones para mantener un condiciones climáticas estándares tales como temperatura, humedad y luz natural. El área de cultivo del invernadero fue dividido en 12 parcelas, en el cual se distribuyó diferentes tratamientos de injerto. Cada parcela cuenta con 4 hileras con una separación de 0,6 m cada una, con largo de 2,5 m.

#### **5.5 Sistema de fertirriego**

El sistema de riego utilizado fue mediante goteo con dos líneas de goteo a 0,2 metros sobre la línea de plantación las cuales están diseñadas a dos goteros por planta, con un caudal por gotero de 4 l /h

Se realizó riego 3 veces por semanas los días lunes, martes y viernes con periodo de tiempo definidos en 4 periodos:

- 1- Mes de diciembre con (22 minutos).
- 2- Meses de Enero y Febrero (48 minutos).
- 3- Marzo-Abril (29 minutos).
- 4- Abril –Mayo (18 minutos).

La fertilización fue suministrada a través de un manejo de fertirriego posteriormente de la aclimatación de las plantas, a partir de las cuatro semanas después del trasplante. La fertilización utilizada fue implementada durante 4 estados de desarrollo en los cuales se utilizaron macro y micro

elementos esenciales para el desarrollo del cultivo.

Los estados de desarrollo fueron clasificados en días después del trasplante (DDT):

*Estado I.* Este estado corresponde al periodo desde 0-46 DDT, etapa que contempla los periodos de trasplante, establecimiento y desarrollo vegetativo del cultivo donde se aplicaron 1,16 g. de nitrógeno (N) /planta, 0,84 g. de fósforo (P)/planta, 1,80 g. de potasio (K) /planta, 0,96 g. de calcio (Ca) /planta, 0,79 g. de magnesio (mg) /planta y 0,60 g. de azufre (S)/planta correspondientes a macro elementos.

*Estado II.* Este estado contempla el periodo de floración hasta inicio de la formación del fruto los cual precisa de 46 a 69 DDT. Durante este periodo se incrementaron las dosis de macro elemento llegando a 2,70 de N /planta, 0,83 g. de P/planta, 5,55 g de K/planta, 1,9 g. de Ca/planta, 1,27 g. de Mg/planta y 0,95 g. de S /planta.

*Estado III.* Durante el Estado III de desarrollo de fruto correspondiente a 69 -109 DDT, el cual contempla los periodos de formación del fruto e inicio de cosecha. Los dosis tanto de macro elementos disminuyen llegando a dosis de 2,36 g. de N/planta, 0,83 g. de P/planta, 5,39 g. de K/planta, 1,69 g. de Ca/planta, 1,11g. de Mg / planta y 0,83 g. de S /planta. En este estado no se aplicaron los micro elementos.

*Estado IV.* Durante el estado IV de desarrollo correspondiente a 109-130 DDT correspondiente al inicio y término de cosecha. La aplicación de macro elementos solo se realizó en dosis más bajas en N, K y Ca con 0,63; 2,26 y 0,25 g por planta respectivamente y no se aplicó en P, Mg y S.

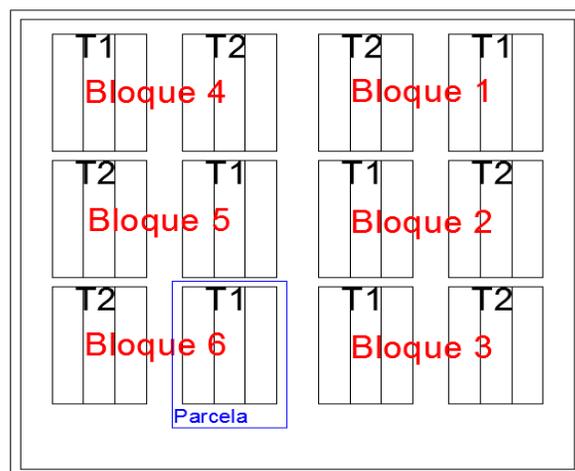
En cuanto a los micros elementos estos fueron aplicados durante los estados I,

II de desarrollo con dosis de 0,046 g. boro (B) / planta de durante la primera etapa y 0,03 g. B /planta en el segundo periodo.

Para el control de malezas se utilizó un “mulch” plástico el cual aumentó de la temperatura de suelo e incrementó la eficiencia en el uso de agua. Ésta cubierta plástica cubrió el camellón donde se encontraba la línea de plantación.

### 5.6. Tratamientos y diseño experimental

El experimento se realizó en un diseño con seis bloques al azar, el cual cada bloque contiene los diferentes tratamientos (Figura 1), donde se determinó el efecto del portainjerto sobre la productividad, contenido y extracción mineral del Tomate Limachino Antiguo. El efecto del tipo portainjerto se evaluó a través de dos tratamientos: a) Tomate Limachino Antiguo Autoinjertado (T1: L/L) y b) Tomate Limachino Antiguo sobre el portainjerto INIA (T2: L/P). Para ciertos parámetros se consideró como otra fuente de variación el momento de la cosecha del racimo (1-5 racimo).



**Figura 1.** Diseño experimental: distribución parcelas, tratamientos (T1y T2) y bloques (repeticiones).

## **5.7. Mediciones**

### **5.7.1. Biomasa aérea**

La producción de biomasa aérea se evaluó a través la obtención del peso fresco (PF) y seco (PS) de fruto, hoja y tallo y total por eje y m<sup>2</sup>. Para esto, se cosechó la planta entera al final del ciclo, se separó los órganos aéreos y se pesó el PF en una balanza (Intell-lab, modelo WTB2000). Posteriormente, el material vegetal se introdujo en bolsas de papel para obtener el PS, luego que las muestras se mantuvieran a 80° C por 48 a 72 horas en una estufa en el caso de las hojas y tallos, en el caso de los frutos se mantuvieron de 4 a 5 días en la estufa, esto debido al mayor contenido de agua de los frutos.

### **5.7.2. Contenido mineral**

El contenido mineral nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na) se determinó en el laboratorio de Fisiología y Biología Molecular Vegetal de INIA-La Cruz. Se realizó cinco colectas del fruto, hoja y tallo de cada planta, introducidos en bolsas de papel y posteriormente secadas en estufa a 85 °C durante 48 hr. En el caso de los frutos se dejaron en estufa hasta que alcanzaran un peso seco constante. Los análisis de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) y sodio (Na) se realizaron de acuerdo a la metodología de Richter et al. (1999) y Sadzawka et al. (2001), N: Digestión y titulación ácido-base (Kjeldahl). P: Calcinación y determinación por colorimetría del fosfo-vanado-molibdico. Ca, Mg, K: calcinación y determinación por espectrofotometría de absorción atómica (modelo Shimadzu AA-680, Shimadzu Ltd, Kyoto, Japan).

### **5.7.3. Extracción mineral**

La extracción mineral (N, P, K, Ca, Mg y Na) se estimó a través de los contenidos de nutrientes y materia seca por órgano cada planta. Se procedió a determinar la extracción de nutrientes (ENut) mediante la siguiente ecuación (Pire y Colmenárez, 1996) 1:

$$\text{ENut (g)} = \text{Nut (\%)} \times \text{MS (g)}/100 \quad (1)$$

donde ENut es la extracción del nutriente considerado, Nut la concentración del nutriente y MS la masa seca del órgano de la planta.

La extracción total de la planta se determinó sumando las extracciones de cada uno de los órganos, el cual fue expresado por unidad de superficie.

### **5.8. Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos del ensayo fueron analizados por el paquete estadístico SAS 9,1 y sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) factorial 2 x 5 con un nivel de significación de  $p \leq 0,05$ . El factor principal es el tipo de injertación del tomate cosechado (autoinjertado e injertado) y el segundo factor el número de racimo (1-5). En caso de encontrar diferencias significativas se realizó la prueba de comparación múltiple de Duncan para identificar las diferencias entre las medias de los distintos tratamientos.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Biomasa aérea

**6.1.1 Peso fresco y seco por órgano y total de la planta por eje.** En la tabla 6 se observa que el peso fresco y seco de los órganos aéreos y total por eje de la planta para los tratamientos T1 y T2. Para ambas mediciones de peso, tanto en los órganos y en el total de la planta, no se observaron diferencias significativas por efecto del tipo de injertación.

**Tabla 6.** Peso fresco y seco de órganos y total de la planta por eje ( $\text{kg eje}^{-1}$ ) en Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA), cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Órgano	Peso fresco ( $\text{kg eje}^{-1}$ )		Peso seco ( $\text{kg eje}^{-1}$ )	
	T1 (Autoinjertado)	T2 (Injertado)	T1 (Autoinjertado)	T2 (Injertado)
Flor	0,31±0,02(a)*	0,29±0,03(a)	0,005±0.0008(a)	0,005±0.63(a)
Fruto	4,00±0,50(a)	3,60±0,39(a)	0,28±0,04(a)	0,32±0,05(a)
Hoja	0,82±0,05(a)	0,84±0,05(a)	0,06±0,005(a)	0,06±0,005(a)
Tallo	0,27±0,03(a)	0,27±0,04(a)	0,03±0,003(a)	0,03±0,003(a)
Total	4,50±0,56(a)	4,18±0,46(a)	0,25±0,041(a)	0,29±0,05(a)

\*Valores dentro de una misma fila con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$

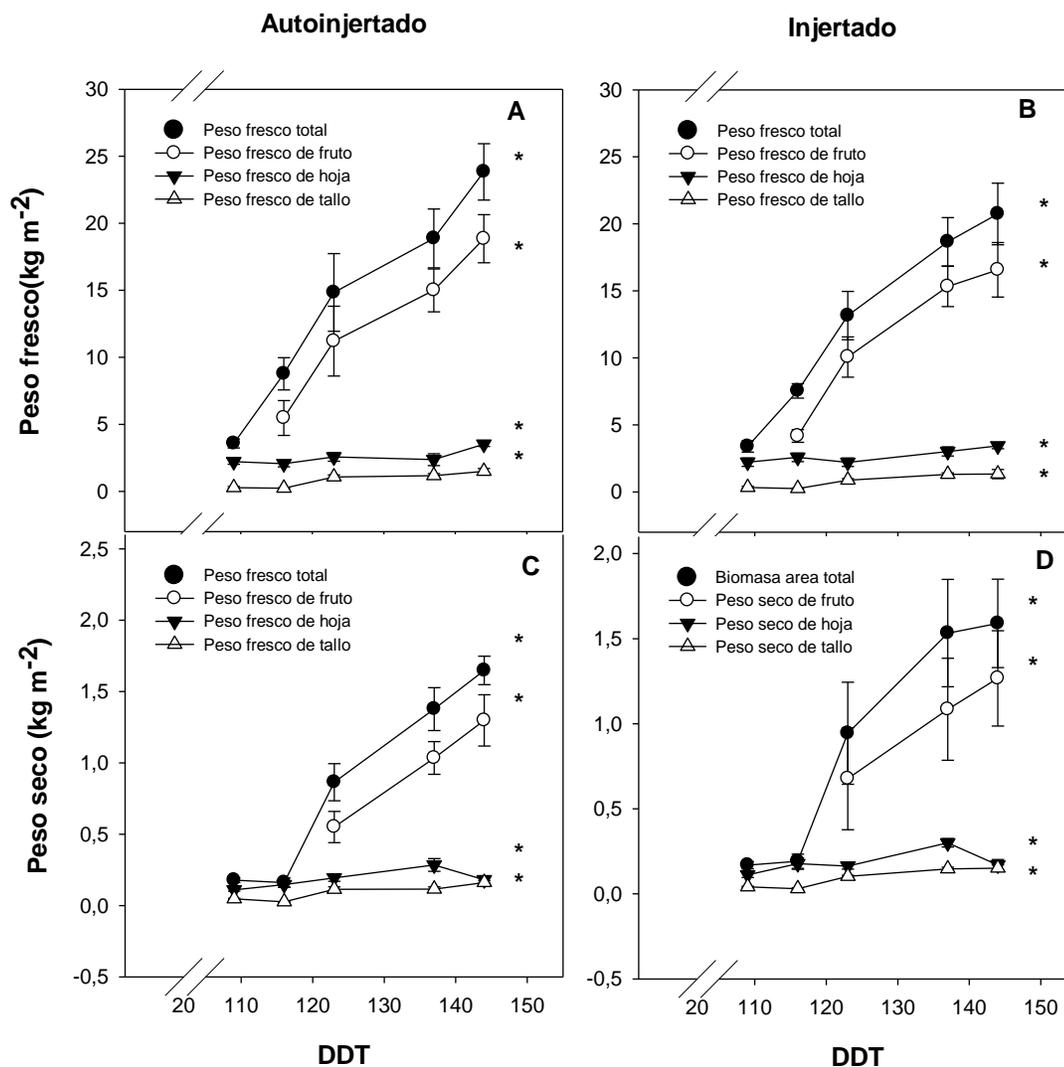
En la tabla 7 se muestra el peso fresco y seco por órganos y total que produce un eje para los tratamientos T1 y T2 en las cinco cosechas realizadas. Solo se observó efecto de cosecha en ambos tratamientos, pero no se detectó diferencias por el tratamiento en cada cosecha.

**Tabla 7.** Peso fresco y seco total de la planta por eje (kg eje<sup>-1</sup>) en Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA) en las cosechas 1, 2, 3, 4 y 5, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Peso fresco (kg eje <sup>-1</sup> )		Peso seco (kg eje <sup>-1</sup> )	
	T1 (Autoinjertado)	T2 (Injertado)	T1 (Autoinjertado)	T2 (Injertado)
1	1,15± 0,11(f)*	1,09±0,14(f)	0,05±0.005(d)	0,05±0.006(d)
2	2,83±0,42(e)	2,43±0,17(e, f)	0,05±0,001(d)	0,06±0.01(d)
3	4,80± 0,96(c, d)	4,25±0,60(d, e)	0,28±0,04( c )	0,30±0.09(b, c)
4	6,01± 0,721(b, c)	6,43±0,60(a, b)	0,44±0,05(a, b, c)	0,49±0,10(a, b)
5	8,30±0,70(a)	6,69±0,76(a, b)	0,53±0,033(a)	0,51±0,085(a)

\*Valores dentro de una misma fila con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan, P ≤ 0,05.

**6.1.2 Peso fresco y seco por órgano y total de la planta por m<sup>2</sup>.** En la figura 2 se muestra el peso fresco y seco acumulado por órgano en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. El peso fresco y seco en tallo, hoja, fruto y total no mostraron diferencias significativas por efecto tratamiento (autoinjertado e injertado) (Figura 1A y 1B – 1C y 1D). Sin embargo, se puede apreciar en ambos tratamientos que la mayor acumulación de biomasa área es por parte de los frutos representado 80% del peso fresco y seco del total de la biomasa.



**Figura 2.** Peso fresco (A y B) y seco (C y D) de órganos y total de la planta por superficie (kg m<sup>-2</sup>) en Tomate Limachino Antigo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA) a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

\*Indica existen al menos una diferencia por efecto del momento de cosecha (ANDEVA,  $P \leq 0,05$ ).

En la Tabla 8 se observa que el peso fresco y seco de los órganos y total de la planta por m<sup>2</sup> bajo los dos tratamientos de injertación. Los resultados muestran que en cada órgano y el total no mostraron cambios significativos por efecto tratamiento.

**Tabla 8.** Peso fresco (A y B) y seco (C y D) de órganos y total de la planta por superficie ( $\text{kg m}^{-2}$ ) en Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA), cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Organo	Peso fresco ( $\text{kg m}^{-2}$ )		Peso seco ( $\text{kg m}^{-2}$ )	
	T1 (Autoinjertado)	T2 (Injertado)	T1 (Autoinjertado)	T2 (Injertado)
Flor	0,97±0,05(a)*	0,92±0,08(a)	0,01±0,001(a)	0,01±0,02(a)
Fruto	13,06±1,54(a)	11,15±1,21(a)	0,86±0,11(a)	1,01±0,17(a)
Hoja	2,56±0,15(a)	2,61±0,16(a)	0,18±0,01(a)	0,19±0,01(a)
Tallo	0,86±0,11(a)	0,84±0,11(a)	0,09±0,001(a)	0,09±0,01(a)
Total	13,94±1,75(a)	12,95±1,42(a)	0,76±0,13(a)	0,91±0,15(a)

\*Valores dentro de una misma fila con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

En la tabla 9 se observa que el peso fresco y seco total de la planta por  $\text{m}^2$  bajo los dos tipos de injertación. Se observó que no existió efecto tratamiento en estos dos parámetros para cada cosecha.

**Tabla 9.** Peso fresco y seco total de la planta por superficie ( $\text{kg m}^{-2}$ ) en Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA) en las cosechas 1, 2, 3, 4 y 5, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Peso fresco ( $\text{kg m}^{-2}$ )		Peso seco ( $\text{kg m}^{-2}$ )	
	T1 (Autoinjertado)	T2 (Injertado)	T1 (Autoinjertado)	T2 (Injertado)
1	3,57±0,33(f)*	3,39±0,43(f)	0,17±0,016(d)	0,16±0,02(d)
2	8,77±1,29(e)	7,53±0,53(f)	0,16±0,033(d)	0,19±0,04(d)
3	14,84±2,98(c, d)	13,17±1,88(d, e)	0,86±0,13(c)	0,94±0,30(b, c)
4	18,87±2,24(b)	19,66±1,86(a, b)	1,37±0,15(a, b, c)	1,53±0,31(a)
5	25,73±2,18(a)	20,74±2,36(a, b)	1,64±0,10(a)	1,59±0,26(a)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

## 6.2 Contenido mineral de la parte aérea de la planta

**6.2.1 Contenido de nitrógeno.** En el contenido de nitrógeno por los órganos aéreos de la planta se muestran en la tabla 10. En contenido de nitrógeno se observó que no hubo diferencias entre el tratamiento T1 y T2. En la tabla 11 se muestra el contenido de nitrógeno (%) de fruto, hoja y tallo a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. Se observan diferencias estadísticamente significativas por efecto del momento de cosecha, donde los contenidos de nitrógeno en la estructura reproductiva de la 1era cosecha (flores principalmente). En hojas y tallos las diferencias sólo se aprecian en la cosecha 1 con respecto a las siguientes cosechas.

**Tabla 10.** Contenido de nitrógeno (% N) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA), cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Tratamiento	Contenido N (%)		
	Fruto	Hoja	Tallo
Autoinjertado	3,05±0,15(a)*	2,95± 0,11(a)	1,71±0,11(a)
Injertado	3,04±0,15(a)	2,87±0,08(a)	1,75±0,11(a)

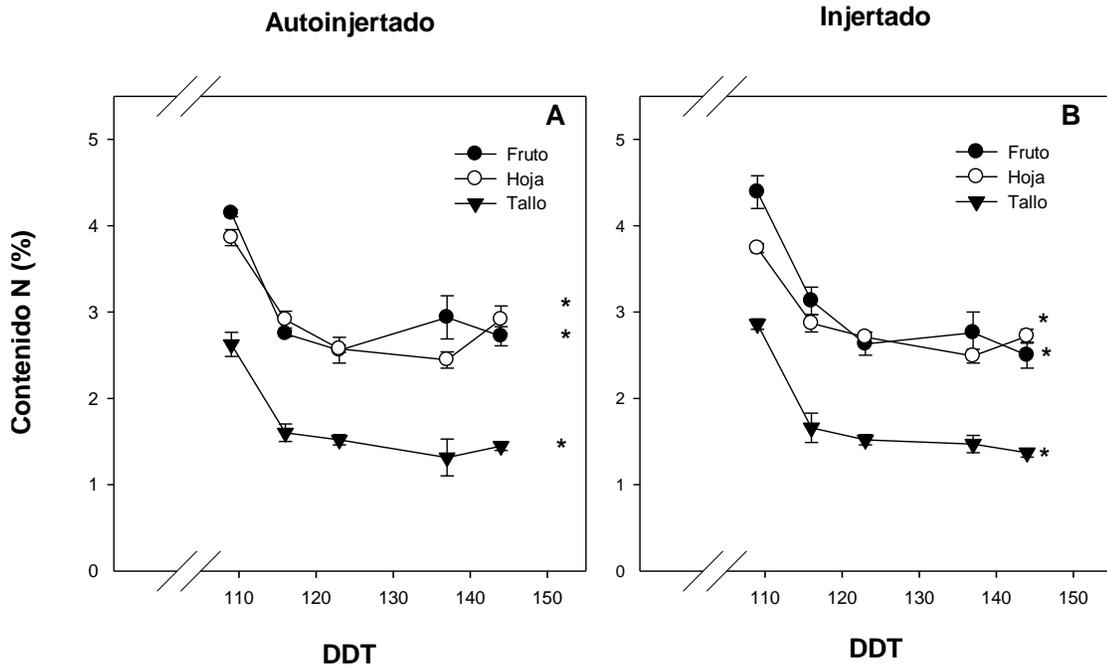
\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

**Tabla 11.** Contenido de nitrógeno (% N) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Nitrógeno (%)		
	fruto	hoja	tallo
1	4,22±0,09(a)*	3,80±0,06(a)	2,73±0,09(a)
2	2,94±0,20( b)	2,89±0,07(b)	1,63±0,01(b)
3	2,60±0,01( b)	2,65±0,04(c, d)	1,52±0,04(b)
4	2,84± 0,16(b)	2,47±0,06(d)	1,38±0,12(b)
5	2,61±0,09(b)	2,81±0,09(b, c)	1,41±0,02(b)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$

En la figura 3 (A y B) se muestra el contenido de nitrógeno por órganos en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. El contenido de nitrógeno en fruto, hoja y tallo se observa a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), no mostraron diferencias significativas por efecto tratamiento (autoinjertado e injertado) y el momento de la cosecha. En ambos tratamientos se observó una declinación en los contenidos de nitrógeno a lo largo de las cosechas, con un ligero repunte del nitrógeno de la hoja en la cosecha 5 (144 días DDT).



**Figura 3.** Contenido de nitrógeno (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación (T1, A) autoinjertado y (T2, B) injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

\*Indica existen al menos una diferencia por efecto del momento de cosecha (ANDEVA,  $P \leq 0,05$ ).

**6.2.2 Contenido de fósforo.** En el contenido de fósforo por órgano aéreo de la planta, no mostró diferencias por efecto tratamiento T1 y T2 (Tabla 12). , En la tabla 13 se muestra el contenido de fósforo (%) de fruto, hoja y tallo a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. Se observan diferencias estadísticamente significativas en los contenidos de fósforo en fruto en las cosecha 1 y 5. En hoja las diferencias solo se aprecian en la cosecha 3. Y en tallo, las diferencias se observan en la cosecha 5.

**Tabla 12.** Contenido de fósforo (% P) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Tratamiento	Contenido P (%)		
	Fruto	Hoja	Tallo
Autoinjertado	0,35±0,03(a)*	0,31±0,01 (a)	0,39±0,02(a)
Injertado	0,36±0,03(a)	0,31±0,01(a)	0,40±0,03(a)

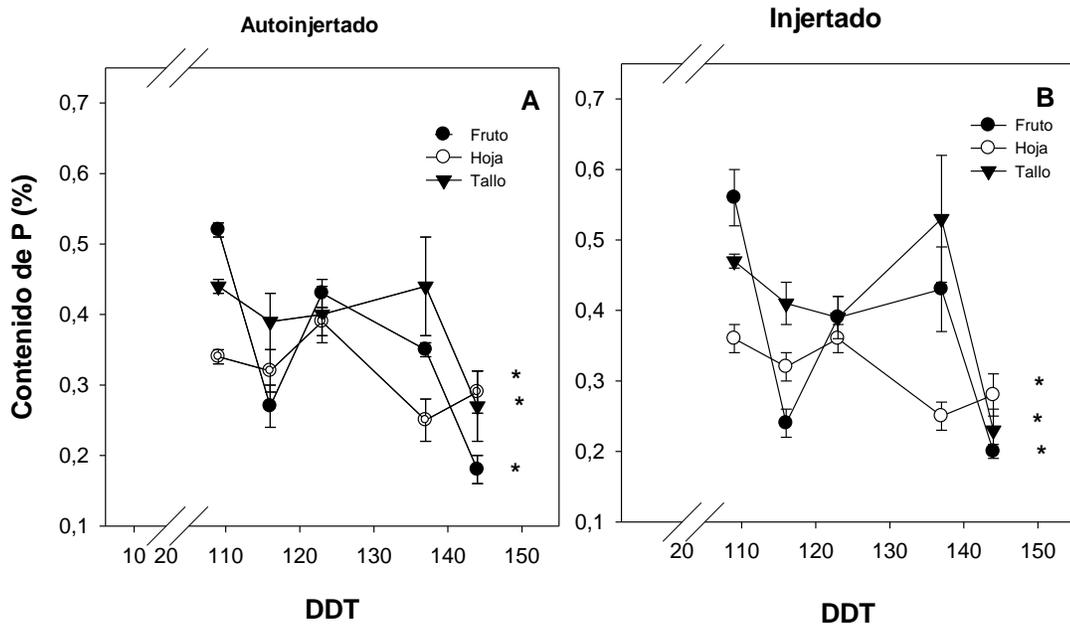
\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

**Tabla 13.** Contenido de fósforo (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Fósforo (%)		
	fruto	hoja	tallo
1	0,53±0,02(a)*	0,35±0,01(a, b)	0,45±0,01(a)
2	0,25±0,02( b, c)	0,32±0,02(b, c)	0,40±0,02(a)
3	0,41±0,02( b)	0,37±0,02(a)	0,39±0,042(a)
4	0,40± 0,04(b)	0,25±0,02(d)	0,48±0,06(a)
5	0,19±0,01(d)	0,29±0,02(c, d)	0,25±0,03(b)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

En la figura 4 (A y B) se muestra el contenido de fósforo por órganos en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. El contenido de fósforo en fruto, hoja y tallo se observa a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), no mostró diferencias significativas por efecto tratamiento (autoinjertado e injertado) y momento de la cosecha. En ambos tratamientos (T1 y T2) se observó una declinación del fosforo entre la primera y segunda cosecha, pero especialmente marcada fue el descenso del fosforo en el fruto, para posteriormente recuperarse lentamente en la tercera y cuarta cosecha y finalmente descender en la quinta cosecha. La hoja es la única estructura que genera una leve recuperación en los contenidos de fosforo en la quinta cosecha. El contenido de fosforo en el tallo es más estable pero también se observa una fuerte caída en la quinta cosecha.



**Figura 4.** Contenido de fósforo (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación (T1, A) Autoinjertado y (T2, B) Injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. \*Indica existen al menos una diferencia por efecto del momento de cosecha (ANDEVA,  $P \leq 0,05$ ).

**6.2.3 Contenido de potasio.** En el contenido de potasio (%) por órgano aéreo de la planta no mostró diferencias significativas por efecto de tipo de tratamiento (Tabla 14). En la tabla 15 se muestra el contenido de potasio (%) de fruto, hoja y tallo a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. Los contenidos de potasio en fruto no presentaron diferencias significativas a través del tiempo. En el caso de la hoja, las diferencias solo se aprecian en la cosecha 3 y 4, mientras en tallo, las diferencias se observan sólo en la cosecha 4.

**Tabla 14.** Contenido de potasio (K, %) en fruto, hoja y tallo en plantas de tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Tratamiento	Contenido K (%)		
	Fruto	Hoja	Tallo
Autoinjertado	3,99±0,12(a)*	3,15±0,11 (a)	4,23±0,16(a)
Injertado	3,86±0,11(a)	3,24±0,13(a)	4,50±0,13(a)

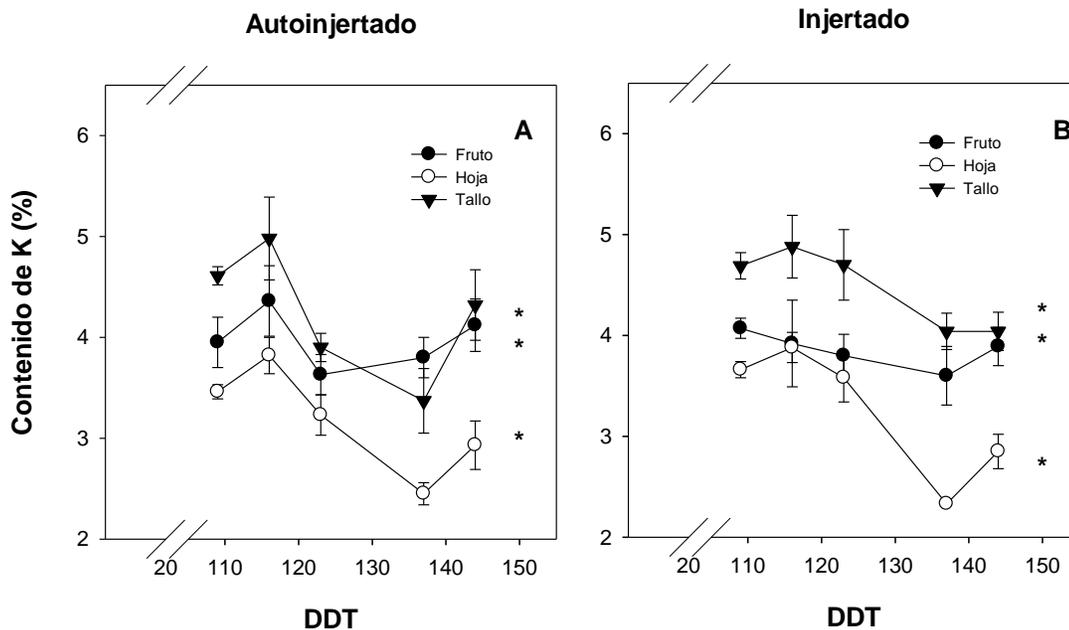
\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

**Tabla 15.** Contenido de potasio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Potasio (%)		
	fruto	hoja	tallo
1	4,00±0,14(a)*	3,55±0,01(a, b)	4,65±0,07(a, b)
2	4,14±0,27(a)	3,85±0,11(a)	4,93±0,24(a)
3	3,73±0,15( a)	3,42±0,16(b)	4,34±0,23()
4	3,70± 0,18(a)	2,39±0,07(d)	3,67±0,21( c )
5	4,00±0,16(a)	2,89±0,14(c)	4,18±0,19(b, c)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

En la figura 5 (A y B) se muestra el contenido de potasio por órganos en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. El contenido de potasio en fruto, hoja y tallo se observa a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), no mostró diferencias significativas por efecto tratamiento (autoinjertado e injertado) y momento de la cosecha. Sin embargo, se puede apreciar que los contenidos de potasio en el tratamiento injertado (T2) muestran un descenso menos marcado en los contenidos de potasio en fruto, hojas y tallo. Y en ambos tratamientos se observa un repunte en la quinta cosecha de los contenidos de potasio en todos los órganos.



**Figura 5.** Contenido de potasio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antigo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación (T1, A) Autoinjertado y (T2, B) Injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso Chile. \*Indica existen al menos una diferencia por efecto del momento de cosecha (ANDEVA,  $P \leq 0,05$ ).

**6.2.4 Contenido de calcio.** En el contenido mineral de calcio por órgano aéreo de la planta, se muestra en la tabla 16. Se observó que no hubo diferencias en los contenidos entre el tratamiento T1 y T2, en cambio sí hubo diferencias por efecto del momento de cosecha. En la tabla 17 se muestra el contenido de calcio (%) de fruto, hoja y tallo a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antigo autoinjertadas e injertadas. Se observan diferencias estadísticamente significativas en los contenidos de calcio en fruto de la cosecha 1. En hoja las diferencias se aprecian en la cosecha 1, 2, 3 y 4. Y en tallo, las diferencias se observan en la

cosecha 1, 2 y 3.

**Tabla 16.** Contenido (%) de Ca en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Tratamiento	Contenido Ca (%)		
	Fruto	Hoja	Tallo
Autoinjertado	0,35±0,08(a)*	6,59±0,31 (a)	1,95±0,11(a)
Injertado	0,31±0,07(a)	6,63±0,30(a)	2,00±0,13(a)

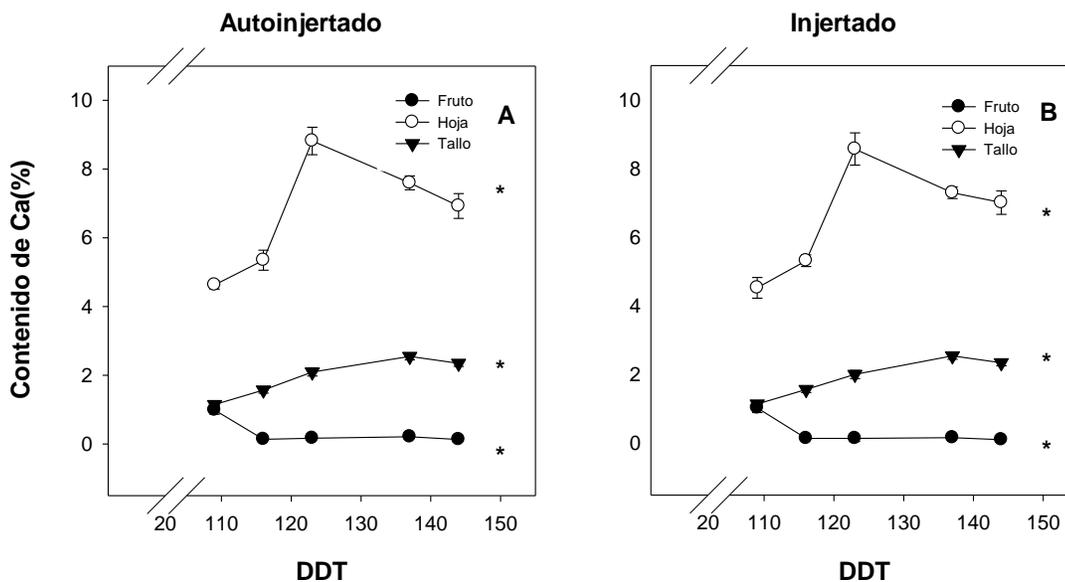
\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

**Tabla 17.** Contenido de calcio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Calcio (%)		
	fruto	hoja	tallo
1	1,01±0,09(a)*	4,58±0,14(d)	1,14±0,02(c)
2	0,15±0,01(b)	5,31±0,13(c)	1,65±0,07(b)
3	0,16±0,009(b)	8,68±0,30(a)	2,23±0,21(a)
4	0,19± 0,02(b)	7,37±0,12(b)	2,55±0,09(a)
5	0,12±0,02(b)	7,01±0,24(b)	2,28±0,08(a)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

En la figura 6 (A y B) se muestra el contenido de calcio por órganos en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. El contenido de calcio en fruto, hoja y tallo se observa a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), no mostró diferencias significativas por efecto tratamiento (autoinjertado e injertado) y momento de la cosecha.



**Figura 6.** Contenido de calcio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antigo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación (T1, A) Autoinjertado y (T2, B) Injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. \*Indica existen al menos una diferencia por efecto del momento de cosecha (ANDEVA,  $P \leq 0,05$ ).

**6.2.5 Contenido de magnesio:** En el contenido de magnesio por órgano aéreo de la planta no presentó diferencias por efecto tratamiento (Tabla 18), pero si por efecto del momento de cosecha (Tabla 19). El contenido de magnesio (%) de fruto, hoja y tallo a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antigo autoinjertadas e injertadas, mostró diferencias significativas en los contenidos de calcio en fruto de la cosecha 1 y 3. En hoja las diferencias se aprecian en la cosecha 1. En el caso del tallo, las diferencias se observaron en la cosecha 4 (Tabla 19).

**Tabla 18.** Contenido de magnesio (%) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Tratamiento	Contenido Mg (%)		
	Fruto	Hoja	Tallo
Autoinjertado	0,14±0,01(a)*	0,72±0,02 (a)	0,48±0,04(a)
Injertado	0,14±0,01(a)	0,78±0,02(a)	0,49±0,04(a)

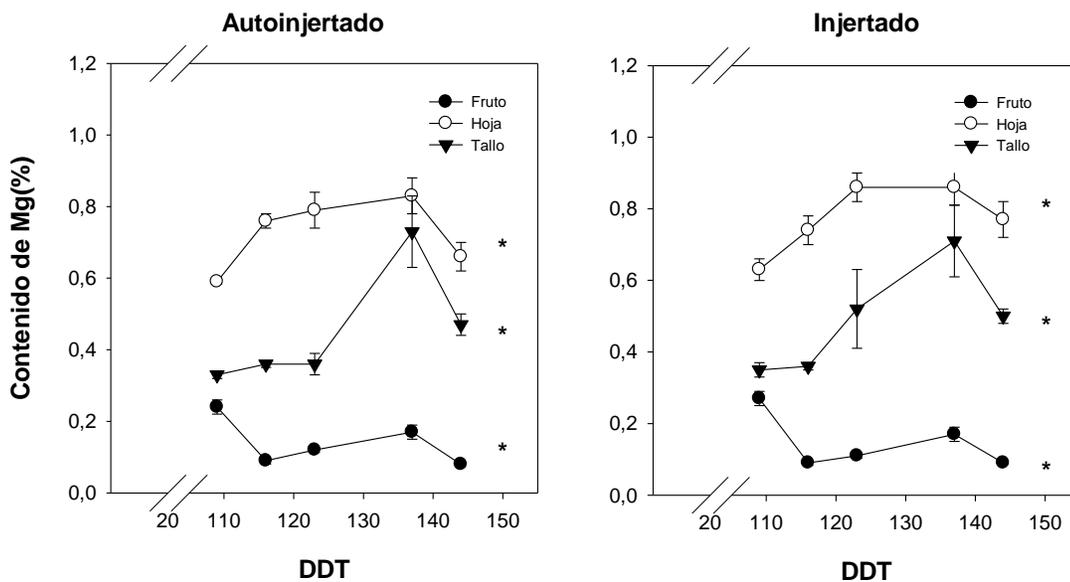
\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

**Tabla 19.** Contenido de magnesio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Magnesio (%)		
	fruto	hoja	tallo
1	0,25±0,02(a)*	0,60±0,01(c)	0,34±0,01(c)
2	0,09±0,006(b, d)	0,75±0,02(b)	0,36±0,08(c)
3	0,11±0,005(c)	0,83±0,03(a)	0,45±0,07(b, c)
4	0,17± 0,01(b)	0,85±0,03(a)	0,81±0,07(a)
5	0,08±0,004(d)	0,71±0,03(b)	0,48±0,02(b)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

En la figura 7 (A y B) se muestra el contenido de magnesio por órganos en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. El contenido de magnesio en fruto, hoja y tallo se observa a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), no mostró diferencias significativas por efecto tratamiento (autoinjertado e injertado) y momento de la cosecha. Se observa una tendencia al aumento de los contenidos de calcio en hojas y tallo en ambos tratamientos entre la cosecha 1 a la 5. Para el magnesio en fruto en ambos tratamientos se observó una caída en la cosecha 2 y una recuperación leve de los contenidos hasta la cosecha 4 para finalmente volver a caer.



**Figura 7.** Contenido de magnesio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antigo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación (T1, A) Autoinjertado y (T2, B) Injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. \*Indica existen al menos una diferencia por efecto del momento de cosecha (ANDEVA,  $P \leq 0,05$ ).

**6.2.6 Contenido de sodio.** En el contenido de sodio por órgano aéreo de la planta, no mostró diferencias entre el tratamiento T1 y T2 (Tabla 20). El contenido de sodio (%) de fruto, hoja y tallo a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antigo autoinjertadas e injertadas, mostró diferencias significativas en los contenidos de calcio en fruto de la cosecha 4 y 5. En hoja las diferencias se aprecian en la cosecha 3. Y en tallo, las diferencias se observan en la cosecha 4 (Tabla 21).

**Tabla 20.** Contenido de sodio (Na, %) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Tratamiento	Contenido Na (%)		
	Fruto	Hoja	Tallo
Autoinjertado	0,03±0,002(a)*	0,13±0,01 (a)	0,08±0,009(a)
Injertado	0,03±0,003(a)	0,15±0,01(a)	0,08±0,007(a)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

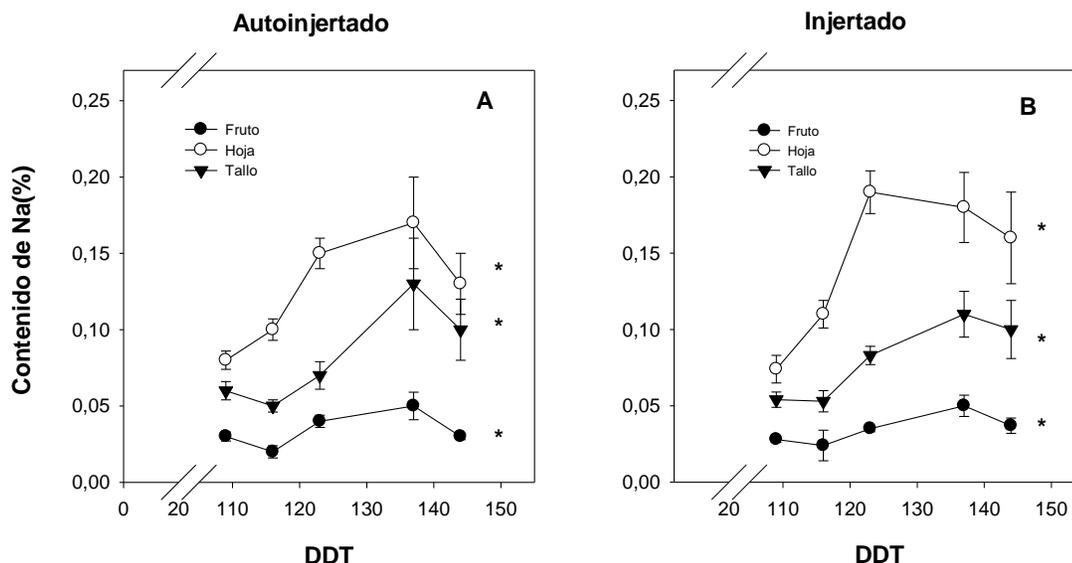
**Tabla 21.** Contenido de sodio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Sodio (%)		
	fruto	hoja	tallo
1	0,03±0,002(b, c)*	0,08±0,005(b)	0,06±0,004(c)
2	0,02±0,003(c)	0,11±0,006(b)	0,05±0,004(c)
3	0,03±0,002(b, c)	0,17±0,02(a)	0,08±0,005(b, c)
4	0,05± 0,005(a)	0,17±0,02(a)	0,12±0,02(a)
5	0,03±0,003(b)	0,15±0,02(a)	0,10±0,01(a, b)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

En la figura 8 (A y B) se muestra el contenido de sodio por órganos en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. El contenido de sodio en fruto, hoja y tallo se observa a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), no mostró diferencias significativas por efecto tratamiento (autoinjertado e injertado) y momento de la cosecha. Se puede observar un permanente incremento de los contenidos de sodio en hojas entre la cosecha 1 y 4 para plantas autoinjertadas y 1 a 3 para plantas injertadas, ambas finalmente comienzan a descender. Para fruto y tallo los contenidos de sodio

caen levemente al inicio, pero se recuperan en forma similar hasta la cosecha 4 para finalmente descender.



**Figura 8.** Contenido de sodio (%) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación (T1, A) autoinjertado e (T2, B) injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. \*Indica existen al menos una diferencia por efecto del momento de cosecha (ANDEVA,  $P \leq 0,05$ ).

### 6.3 Extracción mineral de la parte aérea de la planta

**6.3.1 Extracción de nitrógeno.** La extracción de nitrógeno por los órganos aéreos de la planta mostró diferencias significativas por efecto de los tratamientos. Los resultados se presentan en la Tabla 22. En la tabla 23 se muestra la extracción de nitrógeno en  $g\ m^{-2}$  de fruto, hoja, tallo y total planta a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. Se observan diferencias

estadísticamente significativas en las extracciones de nitrógeno en fruto a partir de la 3, 4 y 5 cosecha. En hojas las diferencias se aprecian en la 4 y 5 cosecha. En tallo solo se ven diferencias en la 5 cosecha. Finalmente en extracción total por planta se tienen diferencias en la 4 y 5 cosecha.

**Tabla 22.** Extracción de nitrógeno (N, g m<sup>-2</sup>) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (autoinjertado) y T2 (injertado sobre patrón INIA), cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Tratamiento	Extracción N (g m <sup>-2</sup> )		
	Fruto	Hoja	Tallo
Autoinjertado	9,54±3,13(b)*	3,33± 0,36(b)	1,09±1,17(b)
Injertado	16,67±3,90(a)	5,22±0,43(a)	1,46±0,14(a)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan, P ≤ 0,05.

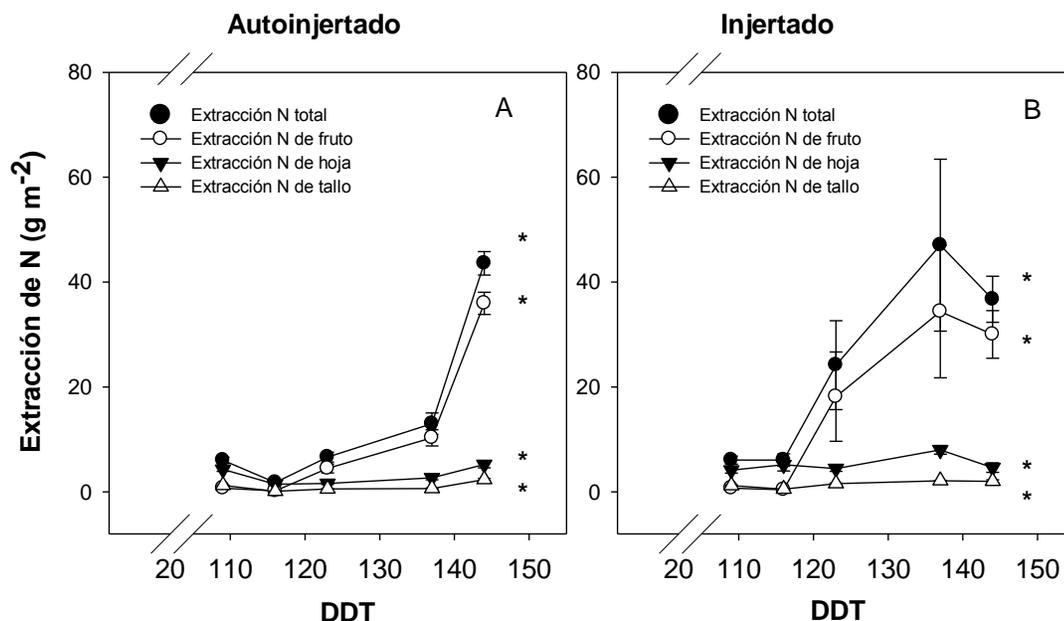
**Tabla 23.** Extracción de nitrógeno (N, g m<sup>-2</sup>) en fruto, hoja, tallo y total de plantas de tomate Limachino (*Solanum Lycopersicum* Mill.) a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota. Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Extracción N (g m <sup>2</sup> )			
	fruto	hoja	tallo	total
1	0,70±0,01(c)	4,21±0,32(a, b, c)	1,20±0,07(b)	6,04±0,47(b)
2	0,31±0,07(c)	3,78±0,99(b, c)	0,35±0,08(c)	4,45±1,06(b)
3	11,92±4,95(b)	3,15±0,53(c)	1,11±0,17(b)	16,19±5,23(b)
4	27,51±9,78(a)	5,64±1,04(a)	1,37±0,30(b)	35,72±12,71(a)
5	32,38±2,90(a)	4,91±0,53()	2,22±0,18(a)	39,46±2,90(a)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan, P ≤ 0,05.

En la figura 9 (A y B) se muestra la extracción de nitrógeno en g m<sup>-2</sup> de fruto, hoja y tallo a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. La extracción

de nitrógeno en fruto, hoja y tallo mostró diferencias estadísticamente significativas en hoja por efecto de la interacción de los tratamientos (autoinjertado e injertado) y el momento de cosecha 2, 3 y 4, en tallo se observaron diferencias en las cosechas 3 y 4 y en fruto se detectaron diferencias significativas en la extracción de nitrógeno en la cosecha 3 y 4.



**Figura 9.** Extracción de N (A, B) total en  $\text{g m}^{-2}$  de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (Autoinjertado) y T2 (Injertado sobre patrón INIA), a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. \*Indica existen al menos una diferencia por efecto del momento de cosecha (ANDEVA,  $P \leq 0,05$ ).

**6.3.2 Extracción de fósforo.** En la extracción de fósforo por órgano aéreo de la planta, se pudo observar diferencias significativas en la extracción de éste elemento en fruto, hoja y tallo (Tabla 24). La extracción de fósforo en  $\text{g m}^{-2}$  de fruto, hoja, tallo y total planta a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e

injertadas se muestra en la tabla 25. Se observan diferencias estadísticamente significativas en las extracciones de fósforo en hoja en la cosecha 4. En tallo las diferencias se aprecian entre la 4 y 5 cosecha. Finalmente en extracción total por planta no se tienen diferencias entre las diferentes cosechas.

**Tabla 24.** Extracción de fósforo (P, g m<sup>-2</sup>) en fruto, hoja y tallo en plantas de tomate Limachino antiguo autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Tratamiento	Extracción P (g m <sup>-2</sup> )		
	Fruto	Hoja	Tallo
Autoinjertado	0,80±0,20(b)*	0,33±0,04 (b)	0,22±0,004(b)
Injertado	8,30±3,18(a)	0,66±0,08(a)	0,35±0,05(a)

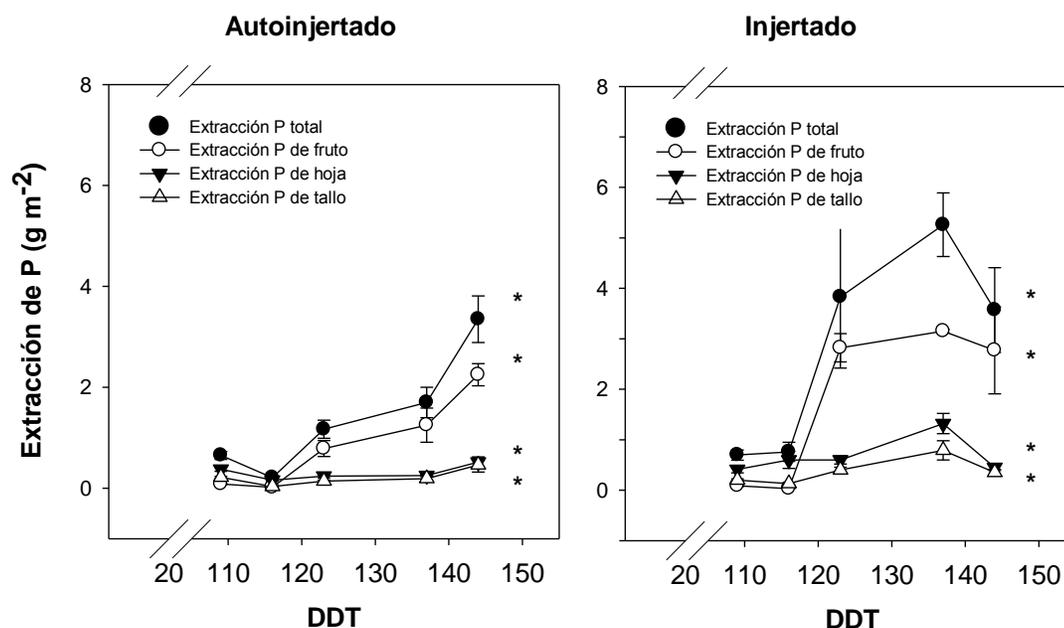
\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan, P ≤ 0,05.

**Tabla 25.** Extracción de fósforo (g m<sup>-2</sup>) en fruto, hoja, tallo y total de plantas de tomate Limachino (*Solanum Lycopersicum* Mill.) a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Extracción de P (g m <sup>-2</sup> )			
	Fruto	hoja	tallo	total
1	0,08±0,01(b)	0,39±0,03(b)	0,20±0,01(c, d)	0,67±0,06(b)
2	0,027±0,005(b)	0,43±0,13(b)	0,09±0,02(d)	0,56±0,15(b)
3	1,90±0,79(b)	0,43±0,07(b)	0,29±0,05()	2,62±0,85(b)
4	2,62± 0,35(b)	0,84±0,22(a)	0,49±0,15(a)	2,78±0,67(b)
5	2,57±0,51(b)	0,48±0,06(b)	0,40±0,07()	3,48±0,51(b)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan, P ≤ 0,05.

En la figura 10 (A y B) se muestra la extracción fósforo en fruto, hoja y tallo a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. La extracción de fósforo en fruto, hojas y tallo sólo mostró diferencias significativas en la hoja de la cosecha 3 y tallo de las cosecha 3 y 4.



**Figura 10.** Extracción de P (A, B) total en  $\text{g m}^{-2}$  de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (Autoinjertado) y T2 (Injertado sobre patrón INIA), a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. \*Indica existen al menos una diferencia por efecto del momento de cosecha (ANDEVA,  $P \leq 0,05$ ).

**6.3.3 Extracción de potasio.** En la extracción de potasio por órgano aéreo de la planta, se pudo observar que hubo diferencias significativas en la extracción de éste elemento en fruto, hoja y tallo por efecto tratamiento (Tabla 26). En la tabla 27 se muestra la extracción de potasio de los distintos órganos y total planta a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. Se observan diferencias estadísticamente significativas en las extracciones de potasio en fruto en la cosecha 3, 4 y 5. En hoja no se detectan diferencias por efecto del momento de la cosecha. En tallo las diferencias se aprecian en la cosecha 4 y 5. Finalmente en extracción total por planta se tienen diferencias entre las cosechas 3, 4 y 5.

**Tabla 26.** Extracción de potasio (K, g m<sup>-2</sup>) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Tratamiento	Extracción K (g m <sup>-2</sup> )		
	Fruto	Hoja	Tallo
Autoinjertado	14,34±4,88(b)*	3,35±0,32 (b)	2,80±0,56(b)
Injertado	23,07±4,94(a)	5,86±0,51(a)	4,05±0,46(a)

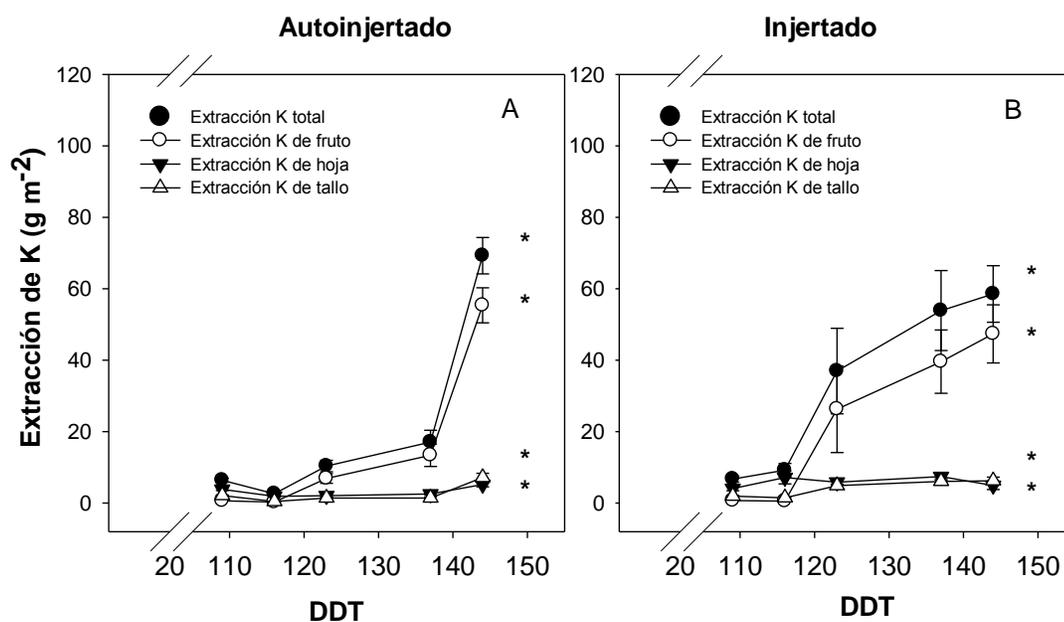
\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan, P ≤ 0,05.

**Tabla 27.** Extracción de potasio (g m<sup>-2</sup>) en fruto, hoja, tallo y total de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Extracción K (g m <sup>-2</sup> )			
	fruto	hoja	tallo	total
1	0,66±0,09(d)*	3,94±0,31(a)	2,05±0,12(c, d)	6,57±0,48(d)
2	0,44±0,08(d)	5,18±1,46(a)	1,03±0,22(d)	6,72±1,67(d)
3	17,45±7,04(c)	4,13±0,76(a)	3,29±0,59(l)	24,87±7,56(c)
4	32,09± 7,83(b)	5,28±0,93(a)	3,75±0,91(b)	41.60±10.54(b)
5	50,54±5,19(a)	5.07±0,64(a)	6,70±0,74(a)	62,82±5,23(a)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan, P ≤ 0,05

En la figura 11 (A y B) se muestra la extracción de potasio (g m<sup>-2</sup>) de fruto, hoja y tallo a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. La extracción de potasio en fruto, hoja y tallo mostraron diferencias estadísticamente significativas en hoja por efecto de las interacciones entre los tratamientos (autoinjertado e injertado) y las fechas de cosecha 2, 3 y 4, en tallo se observaron diferencias en las cosechas 3 y 4. No se detectaron diferencias en fruto.



**Figura 11.** Extracción de K (A, B) total en  $\text{g m}^{-2}$  de plantas de Tomate Limachino Antigo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (Autoinjertado) y T2 (Injertado sobre patrón INIA), a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. \*Indica existen al menos una diferencia por efecto del momento de cosecha (ANDEVA,  $P \leq 0,05$ ).

**6.3.4 Extracción de calcio.** En la extracción de calcio por órgano aéreo de la planta se estableció diferencias significativas en fruto, hoja y tallo (Tabla 28). La tabla 29 muestra que la extracción de calcio presentó diferencias significativas en fruto, hoja y tallo. La extracción de calcio en fruto, hoja, tallo y total planta en Tomate Limachino Antigo autoinjertadas e injertadas mostró diferencias significativas por efecto del momento de la cosecha (siendo las mayores extracciones de calcio en fruto, hoja y tallo en la cosecha 4 y 5. En la figura 13 (A y B) se muestra la extracción calcio en fruto, hoja y tallo a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antigo autoinjertadas e injertadas. La extracción calcio mostró diferencias estadísticamente significativas en la extracción del fruto de la cosecha 4 y en la

extracción de hoja y tallo de las cosecha 3 y 4.

**Tabla 28.** Extracción de Ca ( $\text{g m}^{-2}$ ) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

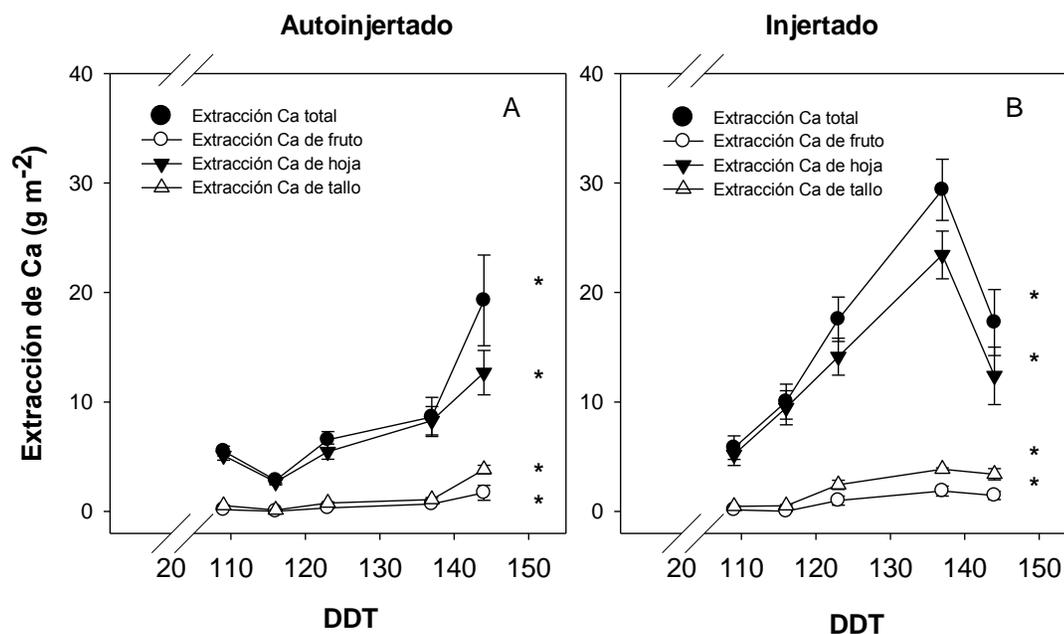
Tratamiento	Extracción Ca ( $\text{g m}^{-2}$ )		
	Fruto	Hoja	Tallo
Autoinjertado	0,53±0,19(a)*	7,30±0,90 (b)	1,39±0,30(b)
Injertado	0,89±0,19(a)	12,95±1,40(a)	2,07±0,31(a)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .

**Tabla 29.** Extracción de calcio ( $\text{g m}^{-2}$ ) en fruto, hoja, tallo y total de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Extracción Ca ( $\text{g m}^{-2}$ )			
	fruto	hoja	tallo	total
1	0,15±0,02(c)*	5,14±0,48(d)	0,51±0,03(d)	5,66±0,55(c)
2	0,02±0,004(c)	6,93±1,55(c, d)	0,36±0,08(d)	7,33±1,62(c)
3	0,69±0,25(b)	10,19±1,65(b, c)	1,67±0,35(c)	12,54±2,06(b)
4	1,53± 0,38(a)	16,70±2,94(a)	2,47±0,53(b)	22.46±4,74(a)
5	1,56±0,33(a)	12,54±1,58(b)	3,61±0,32(a)	18,07±2,33(a)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan,  $P \leq 0,05$ .



**Figura 12.** Extracción de Ca (A y B) total en  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$  de plantas de Tomate Limachino Antigo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1 (Autoinjertado) y T2 (Injertado sobre patrón INIA), a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. \*Indica existen al menos una diferencia por efecto del momento de cosecha (ANDEVA,  $P \leq 0,05$ ).

**6.3.5 Extracción de magnesio.** La extracción de magnesio por órgano aéreo de la planta mostró diferencias significativas por efecto tratamiento en la extracción de éste elemento en fruto, hoja y tallo (Tabla 30). En la tabla 31 se muestra la extracción de magnesio en de fruto, hoja, tallo y total planta a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antigo autoinjertadas e injertadas. Se observó diferencias significativas en las extracciones de magnesio en fruto en la cosecha 4 y 5. En hoja se detectan diferencias en la cosecha 4. En tallo las diferencias se aprecian en la cosecha 3 y 4. Finalmente en extracción total por planta se tienen diferencias entre las cosechas 4 y 5.

**Tabla 30.** Extracción de magnesio (Mg, g m<sup>-2</sup>) en fruto, hoja y tallo en plantas de tomate Limachino antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Tratamiento	Extracción Mg (g m <sup>-2</sup> )		
	Fruto	Hoja	Tallo
Autoinjertado	0,32±0,09(a)*	0,77±0,08 (b)	0,29±0,06(b)
Injertado	0,80±0,21(a)	1,51±0,17(a)	0,51±0,08(a)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan, P ≤ 0,05.

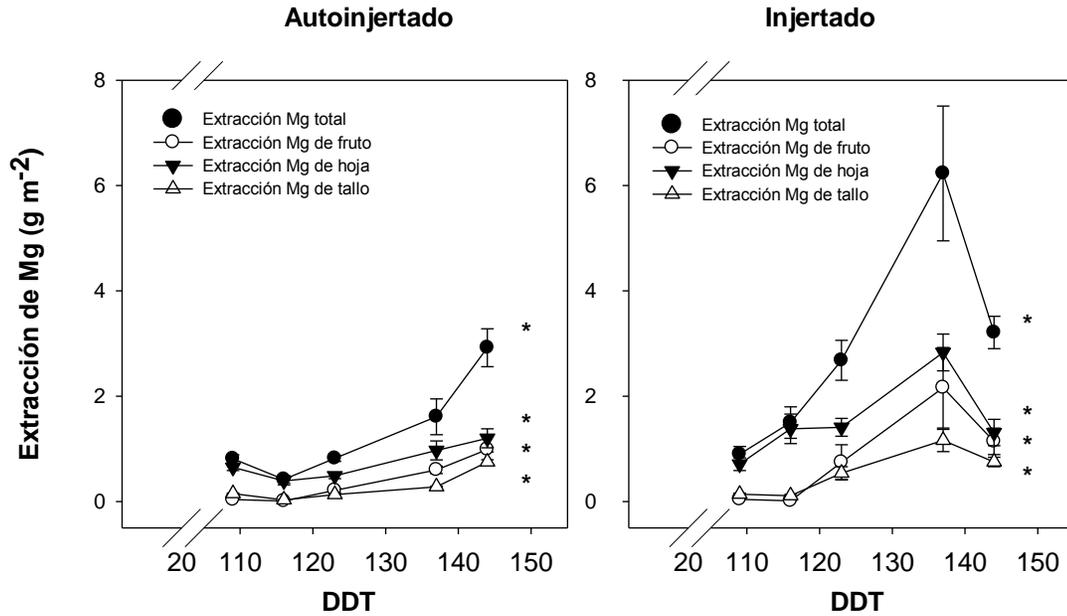
**Tabla 31.** Extracción de magnesio (Mg, g m<sup>-2</sup>) en fruto, hoja, tallo y total de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Extracción Mg (g m <sup>-2</sup> )			
	fruto	hoja	tallo	total
<b>1</b>	0,04±0,004(c)*	0,68±0,06(c)	0,15±0,01(c)	0,86±0,08(d)
<b>2</b>	0,01±0,007(c)	1,00±0,25(l)	0,08±0,02(c)	1,10±0,27(c, d)
<b>3</b>	0,50±0,19(c)	0,99±0,17(l)	0,35±0,09(b)	1,84±0,35(c)
<b>4</b>	1,72±0,60(a)	2,00±0,38(a)	0,72±0,19(a)	4,69±1,27(a)
<b>5</b>	1,08±0,15(b)	1,26±0,15(b)	0,75±0,05(a)	3,09±0,23(b)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan, P ≤ 0,05.

En la figura 13. (A y B) se muestra la extracción de magnesio en fruto, hoja y tallo a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. La extracción de magnesio en hoja mostró una interacción significativa entre el tratamiento (autoinjertado e injertado) y las fechas de cosecha, mostrando un

comportamiento diferente en los racimos 2, 3 y 4, en tallo se observó las diferencias de extracción en las cosechas 3 y 4. En el fruto no se observaron diferencias.



**Figura 13.** Extracción de Mg (A, B) total en  $g\ m^{-2}$  de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1: Autoinjertado y T2: Injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. \*Indica existen al menos una diferencia por efecto del momento de cosecha (ANDEVA,  $P \leq 0,05$ ).

**6.3.6 Extracción de sodio.** La extracción de sodio por órgano aéreo de la planta mostró efecto por el tipo de injertación (tratamiento) (Tabla 32). En la tabla 33 se muestra la extracción de sodio en fruto, hoja, tallo y total planta a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. Se observó diferencias estadísticamente significativas en las extracciones de sodio en fruto en la cosecha 3 y 4. En hoja se detectan diferencias en la cosecha 4. En tallo las diferencias se aprecian en la cosecha 5. Finalmente en extracción total por

planta se tienen diferencias entre las cosechas 1 y 2 con 3, 4 y 5.

**Tabla 32.** Extracción de sodio (Na, g m<sup>-2</sup>) en fruto, hoja y tallo en plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) autoinjertada (T1) e injertada (T2) sobre patrón INIA, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Tratamiento	Extracción Na (g m <sup>-2</sup> )		
	Fruto	Hoja	Tallo
Autoinjertado	0,12±0,04(b)*	0,14±0,02 (b)	0,06±0,01(b)
Injertado	0,24±0,05(a)	0,29±0,04(a)	0,08±0,01(a)

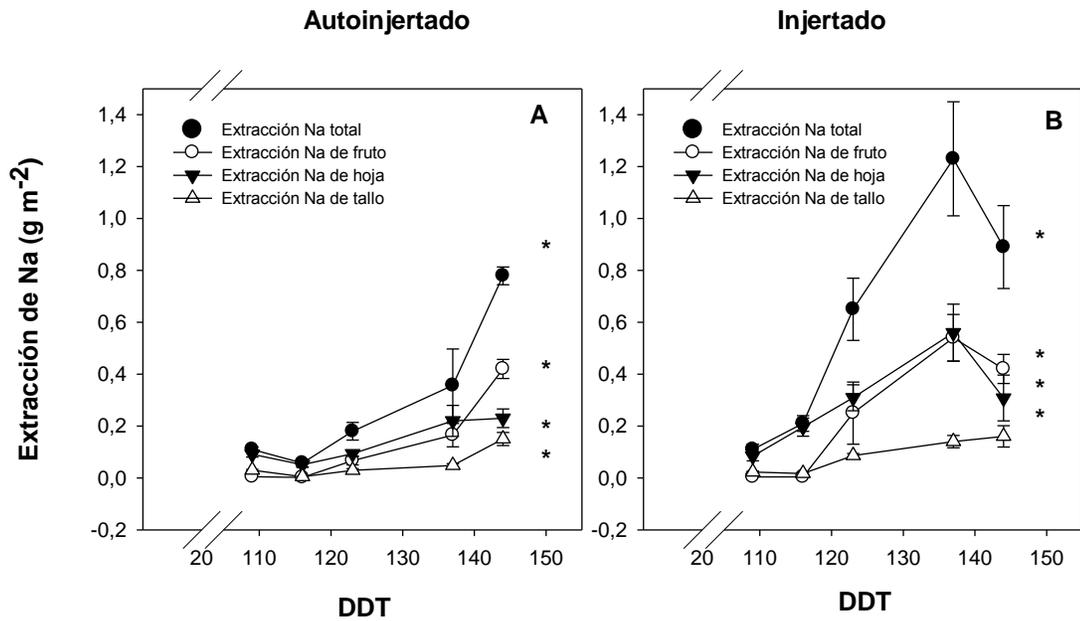
\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan, P ≤ 0,05.

**Tabla 33.** Extracción de sodio (g m<sup>-2</sup>) en fruto, hoja y tallo de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) , a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile.

Cosecha	Extracción Na (g m <sup>-2</sup> )			
	fruto	hoja	tallo	total
1	0,005±0,001(c)*	0,09±0,01(d)	0,03±0,002(c, d)	0,11±0,01(c)
2	0,03±0,001(c)	0,14±0,03(c, d)	0,01±0,003(d)	0,16±0,04(c)
3	0,17±0,07(b)	0,21±0,043(l)	0,06±0,01(l)	0,44±0,01(b)
4	0,43± 0,09(a)	0,41±0,09(a)	0,09±0,02(b)	0,94±0,23(a)
5	0,42±0,03(a)	0,27±0,05(b)	0,16±0,02(a)	0,84±0,09(a)

\*Valores dentro de una misma columna con letra diferente indican diferencias significativas según test de Duncan, P ≤ 0,05.

En la figura 14 (A y B) se muestra la extracción de sodio en fruto, hoja y tallo a los 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT) en plantas de Tomate Limachino Antiguo autoinjertadas e injertadas. La extracción de sodio mostró diferencias estadísticamente significativas en frutos, hojas y tallos de la cosecha 4.



**Figura 14.** Extracción de Na (A y B) total en  $\text{g m}^{-2}$  de plantas de Tomate Limachino Antiguo (*Solanum Lycopersicum* Mill.) bajo dos tratamientos de injertación: T1: Autoinjertado y T2: Injertado sobre patrón INIA, a 109, 116, 123, 137 y 144 días después del trasplante (DDT), correspondiente a la cosecha 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente cultivados en invernaderos fríos en la provincia de Quillota, Región de Valparaíso, Chile. \*Indica existen al menos una diferencia por efecto del momento de cosecha (ANDEVA,  $P \leq 0,05$ ).

### 3 DISCUSION

Los resultados mostraron que el crecimiento en la biomasa aérea fresca y seca no mostró diferencias significativas por efecto del tipo de injertación (T1: Autoinjertado y T2: Injertado sobre patrón INIA). Sin embargo, se observó una tendencia que el peso seco total de las plantas injertadas fue mayor en un 20% que las plantas autoinjertadas ( $0,76 \pm 0,13$ ) a ( $0,91 \pm 0,15$ ) (Tabla 8). De acuerdo al estudio realizado por Turhan et al. (2011) y Rahmatian et al. (2014), se observó que el portainjerto tuvo un efecto positivo sobre el rendimiento y calidad de la fruta, incrementando el índice de cosecha, los frutos por racimo y el peso del fruto. Lo cual concuerda con este estudio en donde se puede apreciar que la relación PF/PS de la biomasa de parte aérea se reduce por efecto tratamiento de 18 a 14 (g/g) indicando que la planta injertado sobre portainjerto INIA presenta una mayor proporción peso seco de la biomasa aérea en relación a la biomasa fresca, similar respuesta encontrada por Rahmatian et al. (2014). El órgano que aporta a la mayor biomasa fresca y aérea es el fruto con un índice de cosecha para peso fresco y seco (Fruto/PFT o Fruto/PST) de un 88 % y 89%, respectivamente. Al analizar el peso fresco y seco por órgano aéreo y total de la planta en  $\text{Kg m}^{-2}$  se encontró diferencias por efecto cosecha, el cual se fue incrementado en función del tiempo desde 120 DDT. La reducción de la succulencia en planta injertada sobre portainjerto INIA se debe principalmente a que el fruto redujo su contenido de agua de 14,3 a 11,2 (g/g), representando el principal componente de la biomasa fresca y seca total de la planta.

Lo cual, concuerda con estudios de Bahar G. et al. (2009) que ratifican el aumento de la materia seca en plantas injertadas producto de un mayor desarrollo del sistema radicular, debido principalmente a una mayor densidad y longitud de raíces, cual les permite una mayor exploración del suelo y por consiguiente una mayor absorción de agua y nutrientes.

Los resultados de contenidos minerales de N, P, K, Ca, Mg y Na muestran que no existe diferencias significativas por efecto tratamiento, pero si por el efecto cosecha. En el caso del contenido de N evaluado a los 144 DDT las plantas injertadas mostraron la misma concentración de N total en fruto, hojas y tallos que las no injertadas, pero si se observó efecto del momento de cosecha.

La disminución del contenido de N, P y K fue observada a través del ciclo de crecimiento del tomate (Figura 3, 4 y 5), tanto en plantas autoinjertadas e injertadas. De acuerdo Bugarín et al. (2011), en N esta respuesta la atribuye, en parte, al rápido incremento en la MS a medida que se acerca la cosecha, presentándose un fenómeno de dilución, comportamiento similar a nuestro estudio. Green Wood et al. (1990) indican que la biomasa de la planta puede dividirse en un componente funcional (CF) con alta concentración de N que incluye tejidos estrechamente relacionados con actividad fotosintética (principalmente hojas), y en otro estructural (CE) con baja concentración de N, asociada a la arquitectura y al almacenamiento de reservas en la planta (básicamente el tallo). En atención a esto Yuan et al. (2007) señalan que la tendencia de la concentración de N a disminuir con el tiempo es principalmente el resultado de un aumento en la biomasa vegetal con una creciente proporción de los materiales estructurales y de almacenamiento que contienen poco N. En relación al contenido de Ca, Mg y Na se incrementaron principalmente hasta la última cosecha en ambos tratamientos. Este incremento en ambos tipos de plantas se debe a que las plantas tendría una mayor absorción de los nutrientes por parte de las raíces en función del tiempo. El órgano que muestra un mayor contenido de Ca, Mg y Na es la hoja seguido del tallo en comparación al fruto. Debido a que el fruto posee una menor capacidad de transpiración, el Ca y Mg se mueven menos hacia el fruto explicando sus bajos contenidos en relación a las hojas y tallos. Por el contrario, según los estudios de Rahmatian A. et al. (2014), los contenidos altos en hoja y tallo se deben al efecto de retención de cationes por parte del xilema y la matriz apoplástica de la hoja, limitando la translocación hacia el fruto, incluso en algunos casos en tomate, se produce

desordenes fisiológicos como la pudrición apical en el fruto de tomate por deficiencia de Ca.

Por otro lado, la extracción de N total en fruto, hoja y tallo fue significativamente mayor en las plantas injertadas con respecto a las autoinjertadas (Tabla 22), pudiéndose deber a un mayor vigor del portainjerto INIA, ya que el material utilizado se caracteriza por ser un tomate local vigoroso. Respuesta similar a la encontrada en tomate injertado con respecto a tomate franco (Lee y Oda, 2003). Los valores de extracción total mostrados en este estudio son mayores que los reportados por Bar-Yosef (1999) en un ciclo de producción más corto, pero semejantes a los de Hao y Papadopoulos (2002) en un ciclo similar a esta investigación. Por ejemplo, los requerimientos nutricionales de nitrógeno estimados en tomate injertado, según Djidonou et al. (2015), fueron mayores que el tomate no injertado.

La extracción total de N y P a través del ciclo de crecimiento del cultivo fue significativamente mayor en las plantas injertadas sobre portainjerto INIA en comparación a la autoinjertada (Tabla 22 y 24), siendo el fruto y la hojas los órganos que presentaron una mayor extracción. Sin embargo, la planta injertada sobre portainjeto INIA después de la cuarta cosecha reduce la extracción de ambos elementos posiblemente por una reducción de la absorción de este elemento por la raíces. En relación extracción total, se observó un incremento significativo por efecto tratamiento durante el ciclo de crecimiento, comenzando antes este aumento de extracción en la planta injertada sobre el portainjerto INIA en comparación a la autoinjertada (Figura 8 y 10). Esta respuesta se debe principalmente al fuerte “sink” ejercido por parte de fruto, fundamenta para su crecimiento (Besford y Maw, 1975).

La extracción total de Ca y Mg se incrementa en función del momento de cosecha, con valores más elevado en las plantas injertadas sobre el portainjerto

INIA que la autoinjertadas. Las extracciones totales observadas se deben principalmente a una mayor proporción de hojas en comparación a fruto y tallos. Se debe remarcar que en plantas injertadas sobre portainjerto INIA la extracción en ambos elemento decae después de la cuarta cosecha. En el caso de Ca, la extracción más baja para ambos tratamiento fue el fruto y para el Mg fue el tallo. Esto se debe a que el Ca se transporta menos a la parte aérea que el Mg.

La extracción de Na fue mayor en la planta injertada sobre portainjerto INIA que la autoinjertada a partir de la segunda cosecha manteniendo el incremento hasta la cuarta cosecha momento en cual comienza a declinar la extracción de este elemento. La repartición del Na en la planta se ubica principalmente en fruto y hoja, con una mejor distribución en la planta injertada sobre portainjerto INIA en relación a la autoinjertada. Esta respuesta indicaría una posible mayor tolerancia a la salinidad de la planta injertada sobre portainjerto INIA en relación a la planta autoinjertada, ya que el efecto de ión tóxico estaría repartido en la planta reduciendo la relación Na/K en cada órgano.

La reducción de la extracción de N, P, Ca, Mg y Na en la planta injertada sobre portainjerto INIA observada al final del crecimiento del cultivo, se debería a una reducción de la absorción de estos nutrientes, probablemente por un adelantamiento de la senescencia y, por lo tanto, una disminución de la transpiración de la planta o por una menor disponibilidad de nutrientes en el suelo producida probablemente por su mayor capacidad de extracción de estos nutrientes. De acuerdo a los resultado, la mayor extracción mineral se debería también a que las plantas injertadas sobre portainjerto INIA posee una menor succulencia en relación a el tomate autoinjertado, indicando un mayor PS por la mismas biomasa fresca total producida.

Los resultados de esta investigación se estaría confirmando nuestra hipótesis, la cual postula que “el Tomate Limachino Antiguo injertada sobre el portainjerto

INIA, posee una mayor extracción de nutrientes desde suelo (N-P-K-Ca-Mg y Na) que el Tomate Limachino Antiguo ya que este portainjerto posee una mayor proporción de peso seco en relación a la biomasa fresca total, y un posible mayor volumen radicular lo que favorecería una mayor la intercepción de nutrientes a nivel de las raíces.

Los resultados de la investigación permitieron estimar los coeficientes de extracción para N, P, K, Ca y Mg en el cultivo de Tomate Limachino Antiguo autoinjertado e injertado sobre patrón INIA. El coeficiente de extracción para las plantas injertadas sobre patrón INIA para N, P, K, Ca y Mg fue de: 2,38; 0,19; 3,85; 1,1 y 0.16 kg /Toneladas (TM) de fruta fresca. Para las plantas auto injertadas los valores fueron de: 2,22; 0,21; 3,54; 1.04 y 0.19 kg/ TM de fruta fresca. Esto a su vez se compara con lo encontrado por Tjalling (2006), con niveles de N y K similares, pero más bajos en P, Ca y Mg.

A partir de estos resultados se puede deducir que los niveles extracción mineral en plantas injertadas sobre portainjerto INIA son diferentes y superiores a las plantas autoinjertadas, lo que sugiere manejos de fertilización de distintos para los nutrientes estudiados.

## 8 CONCLUSION

De acuerdo a los resultados de productividad, contenido y extracción mineral (N, P, K, Ca, Mg y Na) se concluye que el Tomate Limachino Antiguo (*Solanum lycopersicum* Mill.) injertado sobre el portainjerto INIA cultivado bajo condiciones de invernadero, posee una mayor capacidad de extracción de nutrientes en relación a la planta autoinjertada.

El efecto del tipo de injerto (autoinjertado e injertado sobre portainjerto INIA) no presentó diferencias marcadas sobre crecimiento y productividad en Tomate Limachino Antiguo cultivado bajo condiciones de invernadero.

El efecto del tratamiento sobre el contenido mineral (N, P, K, Ca, Mg y Na) en Tomate Limachino Antiguo no mostró diferencias, sin embargo se detectó una mayor extracción de estos minerales en las plantas injertadas sobre el portainjerto INIA. Esto se podría deber a que la planta injertada mostró una mayor biomasa seca en relación a la biomasa fresca por efecto tratamiento (disminución de succulencia).

La repartición de la extracción de nutrientes depende del tipo órgano y el estado de desarrollo de la planta. La extracción de N, P y K fue más elevada en fruto en comparación con hoja y tallo. En el caso Ca y Mg se observó una mayor extracción en hoja y tallo en relación al fruto.

En general los coeficientes de extracción estimados de N, P, K, Ca y Mg (Kg nutriente / TM de fruta fresca) fueron más elevados en la planta injertada sobre portainjerto INIA que la autoinjertada, lo que implicaría manejos de fertilización diferentes para el Tomate Limachino Antiguo.

## 9 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGROS, (2015). “*Sitio mexicano de producción de tomate*”. [En Línea]. Disponible en: [http://www.agros.com.mx/tomato\\_history.aspx](http://www.agros.com.mx/tomato_history.aspx) [Consultado; 20 Abril, 2016].
- Álvarez J. (2011). Comportamiento agronómico e incidencia de enfermedades en plantas de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) injertadas. *Acta Agronómica* 61:117-125.
- Bahar G., Giuffrida F., Tuzel Y., Leonardi C. (2009). Is the vigour of grafted plants related to root characteristics *Journal of Food Agriculture and Environment* 7:364-368.
- Bar-Yosef B. 1999. Advances in fertigation. *Adv. Agron.* 65: 1-77.
- Besford R.T., Maw G.A. (1975). Effect of potassium nutrition on tomato plant growth and fruit development. *Plant and Soil* 42:395-412.
- Betancourt P, Pierre F. (2013). Extracción de micronutrientes por el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L. var.*ALBA*) en la casa de cultivo en Quibor, Estado Lara. 25(3):181-188.
- Bugarín R., Virgen M., Galvis A., García D., Hernández T., Bojorquez I, Madueño A. (2011). Extracción de nitrógeno en seis especies olerícolas durante su ciclo de crecimiento. *Bioagro* 23(2): 93-98.
- Cosio F., Negrón M., Gastó J., Villate J.L. (2007). Distritos y sitios de la provincia templada seco estival nubosa o Valparaíso: secano de la costa. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. San Francisco s/n, La Palma, Quillota, Chile.
- Davis A, Perkins P, Hassel R, Levis A, King S, Zhang X. (2008) Grafting effects on vegetable quality. *Hortscience* 43:6
- Djidonou D., Keneeth L., Zhao X., Simonne E.H. Erickson J., Koch K (2015). Estimating nitrogen nutritional crop requirements of grafted tomatoes under field conditions. *Scientia Horticulturae* 182: 23 –26.
- Edelstein M., Ben-Hur M., Cohen R., Burger Y., y Ravina I. (2005). Boron

and salinity effects on grafted and non-grafted melon plants. *Plant and Soil* 269: 273-284.

- Escaff M., Estay P., Bruna A., Gil P., Ferreyra R., Maldonado P. Barrera C. (2005) “*El cultivo del tomate en invernadero*”. Boletín INIA N°128. La Cruz, Chile, 79 pp.
- Estañ M., Martínez-Rodríguez M, Perez-Alfocea F., Flowers T., Bolarin M. (2005). Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. *Journal of Experimental Botany* 56: 703–712.
- FAOSTAT. (2015). “*Bases de datos estadísticos*”. [En Línea]. Disponible en: <http://faostat.fao.org/>[Consultado; 5 abril 2016].
- Ferreyra R., Selles G., Ahumada R., Maldonado P., Gil Pilar., y Barrera C. (2005) “*Manejo riego localizado y fertirrigación*”. Boletín INIA N° 126. La Cruz. Chile, 55 pp.
- Frary A., Göl D., Keleş D., Ökmen B., Pınar H., Şığva H.O., Yemenicioğlu A., Doğanlar S. 2010. Salt tolerance in *Solanum pennellii*: antioxidant response and related QTL. *BMC Plant Biology*. 10: 58.
- Godoy H, Castellanos J, Alcántara G, Sandoval M, Muñoz J.(2009). Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrientes. *Tierra Latinoamericana* 27:1-9.
- Greenwood D., Lemaire G., Gosse G., Cruz P., Draycott A., Neeteson J. (1990). Decline in percentage N of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> crops with increasing plant mass. *Annals of Botany* 66: 425-436.
- Hao, X. and A. P. Papadopoulos. 2002. Growth, photosynthesis and productivity of greenhouse tomato cultivated in open or closed rockwood systems. *Can. J. Plant Sci.* 82: 771-780.
- Hernández M. Chailloux M. Moreno V. Mojena B. Salgado J. (2009). Relaciones nitrógeno potasio en fertirriego para el cultivo protegido del (*Solanum lycopersicum* L.) y su efecto en la acumulación de biomasa y extracción de nutrientes. *Cultivos Tropicales* 4: 71-78.

- INIA. Mejoramiento genético del tomate y producción de semilla (H2\_TOMATE.PPT). Instituto de investigaciones Agropecuarias INIA- La Cruz , Chile
- Instituto nacional de estadística (INE). (2007) “*Base de datos estadístico.*” [En Línea]. Disponible en: <http://www.ine.cl/home.php> [Consultado; 20 mayo, 2016].
- King S., Davis A, Xingping Z., Crosby K. (2010). Genetics, breeding and selection of rootstocks for Solanaceae and Cucurbitaceae. *Scientia Horticulturae* 127: 106-111.
- Koeppen W. (1948) *Climatología. Estudio de los climas de la tierra.* Versión directa de Hendridchs P. Fondo de Cultura Económica. México.
- Lee J. (2003). Advances in vegetable grafting. *Chronica Horticulturae* 43: 13-19.
- Lee S. (2007). Production of high quality vegetable seedlings grafts. *Chronica Horticulturae* 759: 169-174.
- Martínez JP. (2012). Chile: Portainjertos en tomate, aumento de productividad y compromiso con el medio ambiente. Visto en: <http://www.agro20.com/profiles/blogs/chile-portainjertos-en-tomate-aumento-de-productividad-y-compromi>, el 14 agosto 2013.
- Miguel A. (1997). Injerto de Hortalizas Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación 66-68. Generalitat Valenciana. 66-88.
- Monardes H. (2009) “*Manual del cultivo del tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*.” [En Línea]. Disponible en: [http://www.cepoc.Uchile.cl/pdf/Manua\\_Cultivo\\_tomate.pdf](http://www.cepoc.Uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf) [Consultado; 20 Septiembre, 2015].
- Nuño R. (2007) “Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el valle Mexicali, Baja California [En Línea]. Disponible en: <http://www.academia.edu/9762166/> [Consultado; 5 mayo, 2016].

- Oda M., (ed.) 2007. Vegetable seedling grafting in Japan. *Acta Horticulturae* 759:180.
- Oficina De Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2015) “*Base de datos estadísticos.*” [En línea]. Disponible en: <http://www.odepa.cl/rubro/hortalizas-frescas>. [Consultado; 20 abril de 2016].
- Rahmatian A., Delshad M., Salehi R.(2014) Effect of grafting on growth, yield and fruit quality of single and double stemmed tomato plants grown hydroponically. *Research Report Protected Horticulture* 55: 115-119.
- Rincón S.L. (2002). Bases de la fertirrigación para solanáceas y cucurbitáceas cultivadas en invernadero bajo planteamiento de producción integrada. *Phytoma* 135: 34-46.
- Rivero RM., Ruiz J M., Romero L.( 2003). Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Journal of Food Agriculture and environment* 1: 70-74.
- Rouphael Y., Schwarz D., Krumbein A., Colla G. (2010). Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae* 127:172-179.
- Sadzawka A., Grez R., Mora M., Saavedra N., Carrasco M. 2001. Métodos de análisis de tejidos vegetales. CNA Comisión de normalización y acreditación. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. 35 p.
- Sánchez-Rodríguez, E., Romero. L., Ruiz, J.M., 2013. Role of Grafting in Resistance to Water Stress in Tomato Plants: Ammonia Production and Assimilation. *Plant Growth Regul.* 32: 831–842.
- Sepúlveda F., Rojas C., Carrasco J., Morales A. (2012). Metodología en la toma de muestra de suelo y su importancia. Informativo INIA N° 58 febrero.
- Sun W., Xu X H., Zhu H., Liu A., Liu L., Li J., Hua X. (2010). Comparative transcriptomic profiling of a salt-tolerant wild tomato species and a salt-

sensitive tomato cultivar. *Plant and Cell Physiology* 51: 997–1006.

- Tjalling H. (2006). *Guía de Manejo Nutrición Vegetal de Especialidad Tomate*. SQM. 84 pp.
- Turhan A., Ozmen N., Serbeci M.S., Seniz V.(2011) Effects of grafting on different rootstocks on tomato fruit yield and quality *Horticultural Science* 38:142–149.
- Villasana J. (2010). Efecto del injerto en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero en Nuevo León. Maestro en ciencias en producción agrícola. Universidad autónoma de Nuevo León.
- Yamaguchi T., E. Blumwald. 2005. Developing salt-tolerant crop plants: challenges and opportunities. *Trends in Plant Science* 10: 615-620.
- Yuan Z., Liu X., Niu S., Wan S. (2007). Plant nitrogen dynamics and nitrogen-use strategies under altered nitrogen seasonality and competition. *Annals of Botany* 100: 821-830.