

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional de Cuyo



Impacto de la edad del plantín y fecha de trasplante sobre la precocidad y rendimiento de una producción tardía de tomate en invernadero

Tesis presentada para cumplir con los requisitos finales para la obtención del título de Magíster en Horticultura.

Nombre y Apellido del Maestrando

Ing. Agr. Sanchez, Emiliana Cecilia

Nombre y Apellido del Director

Ing. Agr. (M. Sc.) Diana Frezza

Nombre y Apellido del Codirector

Ing. Agr. (M. Sc.) Víctor Mario Lipinski

Mayo 2023

Este trabajo fue realizado en el marco de la Beca de Formación INTA (Legajo 22570) para la temática "Ecofisiología para la optimización de tomate, pimiento y lechuga en cultivos protegidos" a través de la cual se definió tanto la Maestría a cursar como el tema a desarrollar en el presente trabajo final. La dirección de la beca estuvo a cargo del Dr. Ing. Agr. Luis Andrés Polack, coordinador del Proyecto Específico: "Tecnología apropiada para la sustentabilidad de sistemas hortícolas con énfasis en cultivos protegidos" dentro del Programa Nacional de Hortalizas, Flores y Aromáticas (PNHFA-1106082). Los recursos utilizados durante el desarrollo del trabajo fueron financiados por dicho proyecto.

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que han contribuido en la realización de esta tesis. Su apoyo, orientación y colaboración fueron fundamentales. En primer lugar, agradecer a mis directores, especialmente a Diana Frezza, por su guía y amplio conocimiento en el campo de la horticultura e investigación científica. Su dedicación y asesoramiento fueron invaluable a lo largo de todo el proceso. También quiero expresar mi gratitud a INTA, la institución que no solo me brindó la oportunidad de realizar este posgrado, sino que también hizo posible su desarrollo. Agradezco a mis tutores, compañeros y compañeras que, a lo largo de este tiempo, compartieron su conocimiento y me brindaron su apoyo. Además, agradezco al personal de la Estación Experimental Gorina. Su apoyo, acompañamiento y colaboración en cada proyecto emprendido, más allá de lo relacionado con esta tesis, ha sido invaluable. No puedo dejar de mencionar a mi familia, tanto la humana como la no humana, aquellos que están y han estado presentes, quienes fueron fuente de motivación durante todo este proceso. Sin cuestionar, siempre han respaldado mis decisiones y me brindaron la libertad para elegir mis propios caminos. Agradezco de manera especial a mis amigas y amigos, quienes siempre han estado ahí para escucharme y aconsejarme, especialmente en los momentos difíciles y de duda, pero también por compartir mi alegría en cada avance y logro alcanzado. Agradezco a la FAUBA, mi casa de estudios, por despertar mi pasión por la ciencia, y a la FCA UN Cuyo, que ha sido una parte importante de mi formación académica y siempre estaré agradecida de todo lo aprendido allí.

Tabla de contenidos

Resumen	15
Abstract	16
Capítulo 1: Introducción	
Planteo del problema. Antecedentes	18
Objetivos, Hipótesis y predicciones	27
Capítulo 2: Calidad de Plantín.	
Introducción	30
Edad del Plantín	35
Volumen de Celda	37
Objetivos, Hipótesis y Predicciones	41
Materiales y Métodos	
Localización de la Plantinera	42
Material Vegetal	42
Medición de Parámetros Biométricos	44
Diseño y análisis estadístico	49
Resultados y Discusión	
Superficie Utilizada para la Obtención de los Plantines. Distribución Espacial.	49
Edad y Tiempo Térmico	50
Altura de Plantín	51

Diámetro de Tallo del Plantín	54
Número de hojas verdaderas	55
Extensión de Entrenudos	56
Área Foliar	58
Peso Fresco de la Parte Aérea	59
Peso Fresco de la Raíz	61
Porcentaje de Materia Seca Aérea	62
Porcentaje de Materia Seca Radical	63
Relación entre Peso Seco de la Parte Aérea y Peso Seco de la Raíz	65
Volumen de Raíz del Plantín	66
Presencia de Botón Floral	68
Presencia de Cotiledones	69
Clorosis en Hojas	69
Raíz en Espiral	69
Firmeza del Tallo	70
Sólidos Solubles Totales	72
Valor SPAD	73
Contenido de Clorofila Estimado	75
Porcentaje estimado de Nitrógeno	77
Colorimetría	78
Índice de Esbeltez de Schmidt – Vogt	81
Conclusiones	82

Capítulo 3: Estrés Oxidativo al Momento de Trasplante

Introducción	85
Objetivos, Hipótesis y Predicciones	86
Materiales y Métodos	
Tratamientos	87
Determinaciones en Laboratorio	
Sustancias Reactivas al Ácido Tiobarbitúrico	88
Actividad para las Enzimas Antioxidantes y Proteína	88
Resultados y Discusión	
Ácido tiobarbitúrico (TBARS)	90
Actividad catalasa (CAT)	90
Actividad guayacol peroxidasa (GPOX)	92
Actividad superóxido dismutasa (SOD)	93
Conclusiones	95

Capítulo 4: Fenología de Cultivo

Introducción	99
Objetivos, Hipótesis y Predicciones	101
Materiales y Métodos	
Localización	101
Material Vegetal	102
Registro de Parámetros Agroclimáticos durante el Ciclo de Cultivo	104
Medición de Parámetros de Crecimiento y Desarrollo	105
Resultados y Discusión	

Condiciones Agroclimáticas durante el Crecimiento de los Plantines	106
Condiciones Agroclimáticas durante el Ciclo del Cultivo en Invernadero	109
Temperaturas Diarias y Nocturnas en Invernadero	111
Altura de Planta	112
Incremento Relativo en Altura	113
Diámetro de Tallo	115
Número de Hojas por Planta	117
Área foliar por planta	118
Índice de Área Foliar	119
Porcentaje Estimado de Nitrógeno en Hojas	122
Número de Hojas previas a Primera Inflorescencia	123
Inflorescencias	124
Número de Frutos por Racimo	131
Conclusiones	132

Capítulo 5: Comportamiento Productivo. Rendimiento

Introducción	134
Objetivos, Hipótesis y Predicciones	138
Materiales y Métodos	
Material Vegetal	139
Diseño Experimental	141
Resultados y Discusión	
Inicio de Floración	142
Inicio de Cosecha	143
Duración del Ciclo de Cosecha	147

Peso Individual de los Frutos	149
Calibre de los Frutos	150
Rendimiento Total	151
Rendimiento Comercial	152
Descartes	154
Distribución Porcentual de la Cosecha	157
Distribución del Rendimiento Comercial por Fecha	158
Conclusiones	161

Capítulo 6: Conclusiones Generales

Conclusiones	163
Recomendaciones para Considerarse a Futuro	167

171

Referencias

Tablas

Tabla 1	<i>Hortalizas producidas en el Cinturón hortícola platense</i>	19
Tabla 2	<i>Parámetros biométricos de plantines de tomate</i>	34
Tabla 3	<i>Tratamientos</i>	44
Tabla 4	<i>Edad y tiempo térmico acumulado al momento del trasplante de plantines de tomate cv. Elpida</i>	50
Tabla 5	<i>Diferencia de tiempo térmico entre tratamientos</i>	51
Tabla 6	<i>Variables de color medidas en plantines de tomate cv. Elpida de dos edades al trasplante</i>	79
Tabla 7	<i>Temperaturas para distintas fases del cultivo de tomate</i>	99
Tabla 8	<i>Temperaturas en invernadero desde trasplante a inicio de cosecha</i>	112
Tabla 9	<i>Estimación del contenido (%) de nitrógeno en hojas de plantas de tomate trasplantadas a distinta edad en dos fechas diferentes a lo largo del ciclo de cultivo</i>	122
Tabla 10	<i>Número de hojas verdaderas previas a la primera inflorescencia en plantas de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	123
Tabla 11	<i>Días desde trasplante (DDT) para la aparición de inflorescencias en tomate cv Elpida de dos edades (convencional y mayor edad) trasplantado a invernadero en dos fechas (enero y febrero).</i>	124
Tabla 12	<i>Tiempo térmico (°Cdía) acumulado para la aparición del total de inflorescencias en el cultivo de tomate cv Elpida de dos edades (convencional y mayor edad) trasplantado a invernadero en enero y febrero.</i>	127
Tabla 13	<i>Ecuaciones de regresión de la tasa de aparición de inflorescencias (TAI) en función de los grados día acumulados (GDA) desde trasplante para un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero en dos fechas con dos edades de plantin plantín.</i>	128

Tabla 14	<i>Número de frutos promedio por inflorescencia en un cultivo de tomate cv Elpida trasplantado a invernadero en dos fechas en dos edades de plantín (convencional y mayor edad)</i>	131
Tabla 15	<i>Temperaturas mínimas, óptimas y máximas y periodo libre de heladas (PLH) para tomate, pimiento y berenjena (Guaymasí, 2015)</i>	135
Tabla 16	<i>Iniciación floral desde siembra y desde trasplante para un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado ena invernadero en con dos edades de plantín (convencional y mayor edad) y dos fechas (Enero y febrero).</i>	143
Tabla 17	<i>Días desde la siembra (DDS) y desde el trasplante (DDT) hasta inicio de cosecha para un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero en dos edades de plantín(convencional y mayor edad) y dos fechas (enero y febrero).</i>	145
Tabla 18	<i>Tiempo térmico de siembra a fin de cosecha en un cultivo de tomate cv. Elpida, trasplantado en dos fechas (enero y febrero) con dos edades de plantín(convencional y mayor edad)</i>	149
Tabla 19	<i>Distribución porcentual del peso de frutos comerciales en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero en dos fechas (enero y febrero) con plantines de distinta edad</i>	150
Tabla 20	<i>Distribución porcentual del calibre de frutos comerciales en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero en dos fechas (enero y febrero) con plantines de distinta edad (convencional y mayor edad)</i>	151
Tabla 21	<i>Rendimiento total alcanzado en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero a dos edades de plantín(convencional y mayor edad) en dos fechas (enero y febrero)</i>	152
Tabla 22	<i>Rendimiento comercial en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero a dos edades de plantín plantín (convencional y mayor edad) en dos fechas (enero y febrero)</i>	153
Tabla 23	<i>Descarte en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero a dos edades de plantín(convencional y mayor edad) en dos fechas (enero y febrero)</i>	154
Tabla 24	<i>Participación porcentual de las causas de descarte en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero a dos edades de plantín(convencional y mayor edad) en dos fechas (enero y febrero)</i>	157

Figuras

Figura 1	<i>Espacio de color L*a*b*</i>	47
Figura 2	<i>Espacio de color L*C*h</i>	48
Figura 3	<i>Altura de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	52
Figura 4	<i>Diámetro de tallo de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	53
Figura 5	<i>Número de hojas totales en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	55
Figura 6	<i>Distancia entre 1°-3° hoja en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	56
Figura 7	<i>Área foliar de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	58
Figura 8	<i>Peso fresco de la parte aérea en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	59
Figura 9	<i>Peso fresco de la raíz en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	60
Figura 10	<i>Porcentaje de materia seca aérea en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	61

Figura 11	<i>Porcentaje de materia seca radical en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	63
Figura 12	<i>Relación parte aérea / radical en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	65
Figura 13	<i>Volumen de raíz en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al trasplante (Enero y Febrero).</i>	66
Figura 14	<i>Firmeza del tallo en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	70
Figura 15	<i>Contenido de sólidos solubles totales en tallos de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	71
Figura 16	<i>Valor SPAD en hojas de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	73
Figura 17	<i>Contenido de clorofila total en hojas de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	74
Figura 18	<i>Porcentaje de nitrógeno en hojas de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	76
Figura 19	<i>Índice de esbeltez de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al trasplante (Enero y Febrero).</i>	81
Figura 20	<i>Comparación del nivel de estrés oxidativo TBARS en muestras frescas de hojas de tomate cv. Elpida de distinta edad trasplantados en diferentes fechas (Enero y Febrero).</i>	91

Figura 21	<i>Comparación de la actividad de catalasa (pmoles.mg prot-1) en muestras frescas de hojas de tomate cv. Elpida de distintas edades en diferentes momentos de trasplante (Enero y Febrero)</i>	92
Figura 22	<i>Comparación de la actividad de guaiacol peroxidasa en muestras frescas de hojas de tomate cv. Elpida de distintas edades en diferentes momentos de trasplante (Enero y Febrero).</i>	93
Figura 23	<i>Comparación de la actividad de superóxido dismutasa (U.mg prot-1) en muestras frescas de hojas de tomate cv. Elpida de distintas edades en diferentes momentos de trasplante (Enero y Febrero).</i>	94
Figura 24	<i>Vista satelital de la ubicación de La Estación Experimental Gorina.</i>	102
Figura 25	<i>Croquis del diseño experimental.</i>	104
Figura 26	<i>Evolución de temperatura máxima, mínima y media diaria en plantinera comercial durante el crecimiento de los plantines.</i>	107
Figura 27	<i>Evolución de la humedad relativa (%) en plantinera comercial durante el crecimiento de los plantines.</i>	109
Figura 28	<i>Evolución de temperaturas máxima, mínima y media diaria en invernadero durante el crecimiento del cultivo.</i>	109
Figura 29	<i>Evolución de la humedad relativa (%) en plantinera comercial durante el crecimiento de los plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).</i>	110
Figura 30	<i>Evolución de la altura desde trasplante hasta fin de cosecha en plantas de tomate cv. Elpida trasplantadas a invernadero en Enero y Febrero con dos edades (Convencional y Mayor edad).</i>	112

Figura 31	<i>Incremento relativo de la altura de plantas de tomate cv. Elpida en invernadero trasplantados a distinta edad (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero).</i>	114
Figura 32	<i>Evolución del diámetro de tallo de plantas de tomate cv. Elpida en invernadero trasplantadas a distinta edad (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero).</i>	115
Figura 33	<i>Evolución del número de hojas totalmente expandidas en plantas de tomate cv. Elpida trasplantadas a distinta edad (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero) durante el ciclo de cultivo.</i>	117
Figura 34	<i>Evolución del área foliar de plantas de tomate cv Elpida trasplantadas a invernadero con distinta edad (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero) durante el ciclo de cultivo.</i>	119
Figura 35	<i>Índice de área foliar de plantas de tomate cv Elpida en función de los días desde trasplante (DDT) a lo largo del cultivo en invernadero para dos edades (Convencional y Mayor edad) y diferentes fechas de trasplante (Enero y Febrero).</i>	120
Figura 36	<i>Tasa de aparición de inflorescencias en función del tiempo térmico expresado como grados día acumulados (GDA) plantas de tomate trasplantadas a distinta edad (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero) durante el ciclo de cultivo.</i>	129
Figura 37	<i>Porcentaje de grados días acumulados (GDA) Tiempo térmico acumulado (°Cdía) en etapas siembra-trasplante y trasplante-inicio de cosecha para un cultivo de tomate cv. Elpida, trasplantado en dos fechas (Enero y Febrero) y con dos edades de plantín (Convencional y Mayor edad).</i>	146
Figura 38	<i>Porcentaje de frutos descartados y comerciales en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero a dos edades (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero).</i>	155
Figura 39	<i>Porcentaje de lo cosechado acumulado en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero con dos edades de plantín (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero).</i>	159
Figura 40	<i>Rendimiento de plantas de tomate cv. Elpida trasplantadas a invernadero en Enero y Febrero con dos edades de plantín (Convencional y Mayor edad).</i>	160

Resumen

El cinturón hortícola platense (CHP) representa una de las mayores superficies del país con cultivos bajo cubierta. Su producción se caracteriza por el uso intensivo de mano de obra e insumos químicos. Resulta necesaria la generación de conocimiento sobre prácticas de manejo alternativas con menor impacto ambiental. Una alternativa promisorio a la desinfección de suelo para las condiciones del CHP es la biosolarización, siendo el momento más conveniente equivalente a la fecha en la que se trasplanta el tomate tardío. Para implementar esta técnica se debería compensar la pérdida de precocidad y rendimiento que provocaría un atraso en el trasplante. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y la precocidad en un cultivo de tomate tardío trasplantado a invernadero en dos fechas diferentes con dos edades de plantín. Los tratamientos evaluados fueron: T1: convencional-trasplante enero, T2: mayor edad-trasplante enero, T3: convencional-trasplante febrero y T4: mayor edad-trasplante febrero. En una primera etapa, se evaluó la calidad de los plantines al momento de trasplante y se cuantificó el nivel de estrés oxidativo. En una segunda etapa, se registraron parámetros de crecimiento y desarrollo, fechas de inicio y duración de fases, tiempo térmico acumulado, rendimientos totales, comerciales y descarte. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado y en bloques en función de la etapa evaluada. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza ($p < 0.05$). Los plantines de T1 evidenciaron mayor nivel de daño en la membrana (estrés oxidativo). En cuanto a la calidad, los plantines de mayor edad alcanzaron valores superiores de: altura, diámetro, firmeza de tallo, contenido de sólidos solubles, número de hojas, clorofila y nitrógeno, peso fresco aéreo y radical, relación parte aérea: raíz, volumen de raíz, y área foliar. En relación con el cultivo, los plantines de mayor edad obtuvieron precocidad (40% menos días desde trasplante a inicio de cosecha) y rendimientos promedio levemente superiores (13%) a los de edad convencional.

Palabras clave: cultivos protegidos, volumen de celda, tamaño plantín, *Solanum Lycopersicum* L., fenología, rendimiento

•

Abstract

The platense horticultural belt (PHB) represents one of the largest areas with crops under cover of the country. Its production is characterized by the intensive use of labor and chemical inputs, recurrent phytosanitary issues, and progressive soil degradation. It is necessary knowledge generation about alternative management practices leading to a production with less environmental impacts. A promising alternative to soil disinfection for PHB conditions is biosolarization. However, the most convenient time to perform it overlaps with the late tomato transplant. To implement this technique, the loss of earliness and yield that would be caused by a delay in the transplant should be compensated. The objective of this work was to evaluate the yield and earliness in a late tomato crop transplanted under greenhouse on two different dates with two seedling ages in the PHB. The treatments were: T1: conventional-January transplant, T2: older seedling-January transplant, T3: conventional-February transplant and T4: older seedling-February transplant. In a first stage, the quality of the seedlings at the time of transplant was evaluated and the level of oxidative stress was quantified in laboratory. In a second stage, growth and development parameters, starting dates and duration of phases, thermal time accumulated, total, commercial and discard yields were recorded. Completely randomized and block designs were used. The results were subjected to analysis of variance ($p < 0.05$). The T1 seedlings were the ones that showed the highest level of cell membrane damage, indicating a higher level of oxidative stress. Regarding quality, the older seedlings (T2 and T4) reached higher values of height, diameter, stem firmness, soluble solids content, number of leaves, chlorophyll and nitrogen content, shoot and root fresh weight, shoot: root ratio, root volume, and leaf area. In relation to the crop, the older seedlings (T2 and T4) showed precocity (40% fewer days from transplant to start harvesting) and slightly higher average yields (13%) than those of conventional age (T1 and T3).

Keywords: protected crops, container size, transplant age, *Solanum Lycopersicum* L., phenology, yield

•

•

Capítulo 1

Introducción

•

•

Planteo del problema. Antecedentes

La actividad Hortícola en la Argentina se caracteriza por su amplia distribución geográfica y por la diversidad de cultivos que produce. El sector refleja su importancia desde el punto de vista social y económico a través de una contribución decisiva para la alimentación de la población, su gran capacidad para satisfacer la demanda interna, y por un aporte histórico al producto bruto interno (PBI), representando el 11.6% del PBI Agrícola (Guaymasí, 2015). El 93% de la producción hortícola se destina al mercado interno (40% del área metropolitana) y el 7% restante se exporta (Fogel, 2012). Dada la diversidad de climas que tiene Argentina, la producción hortícola se extiende a lo largo de todo el país. Gran parte de dichas producciones se concentran en las cercanías de los grandes centros urbanos. Buenos Aires, Mendoza y Córdoba concentran la mitad del total del volumen producido. Las principales provincias productoras de hortalizas, que se destacan por su superficie productiva son: Buenos Aires, Mendoza, Córdoba, Santiago del Estero, Misiones, Santa Fe, Corrientes, Tucumán, Formosa, Salta, Chaco, Jujuy, San Juan y Río Negro. La producción de hortalizas se realiza bajo diferentes situaciones: a campo (bajo riego y de secano) y bajo distintos tipos de protecciones como invernaderos (para la producción de primicias y tardicias), túneles, micro-túneles, sombráculos, barandillas, etc. En el caso de invernaderos fundamentalmente se lleva a cabo en las provincias de Corrientes, Buenos Aires y Salta, con una superficie total estimada de 7000 ha de las cuales, el 84% de la superficie está destinada a horticultura (5.474 ha) y el 16% restante para floricultura (1.043 ha) (Castagnino et al., 2020). La mayor parte se concentra en la provincia de Buenos Aires, y dentro de esta el cinturón hortícola platense

•

•
 CHP) representa una de las mayores superficies con cultivos bajo cubierta. Según una estimación del CAPP (Comité Argentino de Plásticos para la Producción Agropecuaria), en 2015 la superficie total de invernaderos en el CHP era de aproximadamente 6517 ha (Lencak e Iglesias, 2019). Las principales hortalizas cultivadas en invernaderos son, en orden de importancia, tomate, apio, lechuga, pimiento, espinaca y otras menos importantes como pepino, chaucha, frutilla y albahaca (Castagnino *et al.*, 2020) (Tabla 1) y su producción, como el de otras producciones periurbanas, se caracteriza por el uso intensivo de recursos y mano de obra, con problemas como la aparición recurrente de plagas y enfermedades y la degradación de los suelos (Mitidieri *et al.*, 2012).

Tabla 1

Hortalizas producidas en el Cinturón hortícola platense (Fogel, 2012)

Especie	Superficie cultivada (ha)		
	Invernadero	Campo	Total
Berenjena	265	25	290
Pimiento	303	25	328
Tomate Cherry	32		32
Tomate perita	130	40	170
Tomate redondo	840	150	990
Sub Total (berenjena, pimiento y tomate)	1570 (33%)	240 (8.4%)	1810(24%)
Lechuga	1466	900	2366
Apio	1175	70	1245
Subtotal otras especies (lechuga, apio, etc.)	3107 (67%)	2621 (91.6%)	5728 (76%)
Total (100%)	4677	2861	7538

•

- El cultivo de tomate no solo es importante en el CHP como puede observarse en la Tabla 1, sino a nivel mundial. En el presente, este cultivo se produce alrededor del mundo y con gran importancia económica. Es considerado un alimento funcional por su valor nutritivo, ya que provee nutrientes importantes para la salud humana como licopeno, beta carotenos, flavonoides, vitamina C y derivados. La producción y consumo de tomate están en constante crecimiento. No solo se comercializan en fresco sino también procesados como sopas, salsas, jugos y concentrados en polvo (Gerszberg et al., 2015). Es la segunda hortaliza más importante del mundo en cuanto a volumen producido después de la papa. Su importancia no sólo se refiere a la producción sino también a los valores comercializados internacionalmente. La producción mundial total de tomate fresco alcanzó, según FAO las 180.766.329 toneladas abarcando un área cosechada de 5.030.545 de hectáreas. Los principales países productores son China, India y Turquía, sin embargo, los principales exportadores (en valores) de tomates frescos son México, Países Bajos y España, mientras que entre los importadores se destacan Estados Unidos, Alemania y Francia. El mercado exportador de tomate para industria es liderado por Italia, China, España y Estados Unidos. Los compradores más relevantes de tomate para industria son Reino Unido, Alemania, Japón y Francia. El mercado de tomate se divide principalmente en mercado fresco y tomate para industria. La producción promedio anual de tomate argentino de los últimos años se ubica en torno a 1.100.000 toneladas y 17.000 hectáreas productivas, aproximadamente un 60-70 % se destina a mercado para consumo en fresco y un 30-40 % para industria. Argentina posee distintas regiones donde se desarrolla la actividad productiva asegurando

-

- un aprovisionamiento continuo del mercado doméstico en fresco, pudiendo recurrirse a importaciones desde países limítrofes en algunos momentos del año o ante situaciones climáticas desfavorables. Exporta pequeñas cantidades de tomate para consumo en fresco, siendo Paraguay el destino principal. Las principales zonas productoras de tomate son las provincias de Mendoza y San Juan (región cuyana) Salta y Jujuy (región NOA), Corrientes y Formosa (región NEA), Rio Negro, y Buenos Aires, provincia en la cual se destacan los cinturones hortícolas bonaerense y La Plata, Mar del Plata y Sur de Bs.As. En cuanto al tomate para consumo en fresco en Argentina el consumo ronda los 16 kg.persona⁻¹.año⁻¹ y dentro del rubro hortícola solo es superado por la papa (Scarpatti, 2020). Según el censo hortícola de la provincia de Buenos Aires (Costas y Parra, 2006) la región de La Plata produce 29.971 toneladas de tomate, de las cuales el 83 % se obtiene en cultivo bajo cubierta. Asimismo, es de destacar que aporta el 62 % del total de tomate que se produce en la provincia. El destino del tomate es para consumo en fresco utilizándose mayoritariamente como canal de comercialización primaria los mercados concentradores en un 74 %, siguiendo en orden de importancia los supermercados e hipermercados con un 15 %, los acopiadores con un 9 % y el resto en verdulerías y a consumidor final (Hang *et al.*, 2007). La producción de tomate en el Cinturón Hortícola Platense se puede llevar a cabo mediante ciclos de cultivo definidos según la época de trasplante y cosecha, los cuales se clasifican en temprano, intermedio y tardío. El ciclo temprano se inicia con el trasplante de plantines en invernadero entre junio y fines de agosto, lo que permite cosechar los tomates entre fines de noviembre y fines de diciembre. Por otro lado, el ciclo intermedio abarca desde octubre
-

- hasta marzo. Finalmente, el ciclo tardío comienza con el trasplante a principios de enero y se extiende hasta finales de mayo¹. El cultivo de tomate tradicionalmente se ha producido bajo sistemas de explotación continua de ciclo corto con excesivas labranzas, que condujeron al deterioro del suelo y a la aparición de impedancias que limitan la exploración radicular del perfil. El monocultivo de tomate presente en los sistemas productivos del CHP agrava la situación sanitaria, especialmente en lo referido al complejo de hongos del suelo y nematodos (Bucco & Berardo, 2017). El manejo de los patógenos de suelo es un factor determinante del éxito en las producciones intensivas bajo invernadero. En este contexto, resulta de importancia la generación y difusión de tecnologías que favorezcan la producción reduciendo el impacto ambiental que producen los productos de síntesis química. La desinfección de suelo tradicional utilizando bromuro de metilo y otros sustitutos están muy cuestionados tanto por los efectos ambientales que provocan como por el impacto en la propia biodiversidad del suelo. El bromuro de metilo es un fumigante que se utilizó ampliamente desde 1940 como desinfectante de suelo. Se trata de un fumigante de amplio espectro, incoloro, sin olor, no inflamable. Por esta razón, se le agregaba un porcentaje de cloropicrina o tricloro-nitrometano que por su intenso olor y propiedades lacrimógenas sirve como agente delator. Para mejorar su actividad contra hongos del suelo, en ciertas situaciones se agrega un mayor porcentaje de cloropicrina. Se volatiliza a 3.6 °C y es muy poco soluble en agua. Para facilitar el transporte y manejo, se envasa en estado líquido a

¹ Elaboración propia a partir de comunicación personal con asesores técnicos y productores de la zona del CHP.

-

- presión, en latas o en cilindros metálicos. La acción biocida del bromuro de metilo es muy amplia, por lo cual, se emplea como un efectivo insecticida, nematocida, fungicida, acaricida, rodenticida, e incluso, herbicida (Sepúlveda y Carrasco, 2014). Se ha comprobado que se trata de un gas que destruye la capa de ozono y, por lo tanto, se encuentra comprendido dentro de aquellos que la comunidad internacional ha decidido restringir en el marco del Protocolo de Montreal y la República Argentina se comprometió a la reducción gradual de su uso hasta la eliminación total. En el año 2004, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca, y Alimentos resolvió a través del Decreto N° 25 del 27 de mayo de 2003, modificado por su similar N° 1359 de fecha 5 de octubre de 2004; prohibir el uso de Bromuro de metilo en fumigación de suelos y sustratos de formulaciones con más del setenta por ciento (70%) de la sustancia activa siendo el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Senasa) la autoridad de aplicación. Por lo tanto, uno de los desafíos productivos más importantes es encontrar alternativas de desinfección de suelo (control de enfermedades y nematodos) que sean económicas y socialmente viables, de bajo impacto ambiental (Cuellas et al., 2019), y que se adecuen a cada sistema productivo, promoviendo además una mejora en las condiciones edáficas. Dentro de las alternativas de desinfección física y biológica, las más ensayadas son la solarización, cuyo control se basa en el aumento de la temperatura del suelo por medio de la radiación solar, y la biofumigación, que consiste en la utilización de gases fumigantes que resultan de la degradación de la materia orgánica y otros residuos agrarios biológicos (Bello *et al.*, 2008). La combinación de ambas técnicas es la biosolarización, muy utilizada debido a que
-

- incrementa la eficacia de cada una (las altas temperaturas acentúan la liberación de compuestos volátiles de los residuos orgánicos) (Ploeg *et al.*, 2001) Si se quisiera implementar estas técnicas alternativas en el CHP, el momento más conveniente para iniciarla por los mayores niveles de radiación y temperatura sería al comienzo del mes de enero, coincidente con la fecha en la que se trasplanta el tomate tardío. Para poder contar con el tiempo necesario para realizar la desinfección, debería poder compensarse la pérdida de precocidad y rendimiento que provocaría el atraso del trasplante. En tal sentido la utilización de plantines de mayor edad y tamaño permitirían superar el momento crítico del trasplante dado que presentan un mayor contenido de azúcares solubles (principalmente en tallos) y este implica un mayor contenido de carbohidratos de reserva, por lo que podría tener un mayor porcentaje de éxito al trasplante porque se evita el *shock*, lográndose un adelanto en la producción, además de evitar las enfermedades que ingresan por las raíces dañadas (Laurente, 2021). El *shock* del trasplante, también conocido como estrés del trasplante, se utiliza para describir los efectos negativos sobre el crecimiento y la supervivencia de las plantas en un nuevo entorno y se manifiesta a través de una serie de síntomas que incluyen una menor tasa de crecimiento, así como abscisión de hojas y mortalidad en condiciones severas (Close *et al.*, 2005). Luego del trasplante, el plantín se encuentra en un periodo de crecimiento muy sensible, ya que tiene que adaptarse a nuevas condiciones ambientales que pueden ralentizar su crecimiento y desarrollo. Los plantines que poseen un sistema radical funcional se adaptan mejor al nuevo ambiente, siendo capaces de absorber eficientemente agua y nutrientes, crecer con mayor rapidez y lograr mayor
-

- porcentaje de supervivencia. (Parađiković *et al.*, 2019). Por lo tanto, un plantín de tomate de mayor edad y tamaño podría superar con éxito adversidades tanto bióticas como abióticas en un trasplante tardío (Vagnoni *et al.*, 2014), observándose también en plantines de pimiento, sandía, brócoli, coliflor, repollo, cebolla y melón (Pandiyaraj 2017). Dentro de las adversidades de origen abiótico podemos encontrar tanto altas como bajas temperaturas, sequía, escasa radiación, concentración inadecuada de dióxido de carbono en los invernaderos y la salinidad del suelo. Estas últimas condiciones son frecuentes en los suelos de los invernaderos de los cinturones hortícolas de Argentina (Mitidieri *et al.*, 2015). En lo que respecta a las adversidades bióticas, el nematodo de suelo *Nacobbus aberrans* constituye una de las más importantes en los cultivos bajo cubierta del CHP, provocando anualmente importantes pérdidas económicas en la región (Rípodas, 2018). Independientemente de su naturaleza, todas las condiciones adversas llevan a la planta a estar sometida a condiciones de estrés y esa situación tiene entre otras respuestas la sobreproducción de especies reactivas de oxígeno (ROS) (Willekens *et al.*, 1995). El estrés oxidativo es un estado alterado de la homeostasis de óxido-reducción intracelular, es decir, el balance entre oxidantes y antioxidantes. Dada su gran reactividad y en ausencia de mecanismos que las depuren, las ROS producen daños en la estructura y la función de las células (Galatro *et al.*, 2001). Se producen continuamente en el cloroplasto, mitocondria y peroxisomas. En condiciones normales, la producción y remoción de las ROS está estrictamente controlada. Sin embargo, el equilibrio entre la producción y la depuración de éstas puede ser perturbado por diversos factores fisicoquímicos, como son el déficit hídrico,
-

- la salinidad, las temperaturas extremas, la excesiva o insuficiente radiación luminosa, la anaerobiosis por encharcamiento o inundación, los factores mecánicos como el viento o la compactación del suelo y las lesiones (Gabriel *et al.*, 2013). Existen en las plantas mecanismos de protección enzimáticos y no enzimáticos que atrapan e inactivan eficientemente las ROS. Los principales antioxidantes no enzimáticos incluyen a compuestos como el ascorbato y el glutatión, así como los tocoferoles, los flavonoides, los alcaloides y los carotenoides que se encuentran en las plantas en altas concentraciones y constituyen una primera línea de defensa. Se ha encontrado que el glutatión está involucrado en diferentes procesos en las plantas, entre los que destacan la diferenciación, la muerte celular programada, la senescencia, la regulación del ciclo celular, la floración, la acumulación de pigmentos, y la detoxificación de xenobióticos y metales pesados. También se le ha asignado un papel como regulador del crecimiento y como inductor de genes de defensa (Ogawa, 2005). Los principales sistemas antioxidantes enzimáticos en plantas son la familia de superóxido dismutasa (SOD), ascorbato peroxidasa (APX), glutatión peroxidasa (GPX) y catalasa (CAT). Las SODs actúan como la primera línea de defensa contra el ataque de las ROS, dismutando el superóxido a peróxido de hidrógeno (H_2O_2). La APX, la GPX y la CAT subsecuentemente eliminan al H_2O_2 formado. (Apel y Hirt, 2004).

-

-

Objetivo General

Analizar el efecto de la edad del plantín sobre la precocidad y rendimiento de un cultivo de tomate tardío en invernadero en el cinturón hortícola platense.

Objetivos Específicos

- Registrar los días desde trasplante a inicio de cosecha para plantines de diferente edad.
- Calcular la integral térmica para plantines de tomate de distinta edad durante su crecimiento en plantinera y en el lugar definitivo (bajo invernadero).
- Analizar el efecto de la temperatura sobre el crecimiento inicial de la planta de tomate y su repercusión sobre la precocidad y rendimiento del cultivo de tomate.

Hipótesis

- Los plantines de tomate de mayor edad toleran el estrés del trasplante en producción tardía en invernadero del Cinturón Hortícola de La Plata (CHP).
- Los plantines de tomate de mayor edad trasplantados en febrero en el CHP logran precocidad iniciando cosecha antes que los convencionales.
- Los plantines de tomate de mayor edad trasplantados en febrero logran rendimientos similares a los convencionales trasplantados en enero.

-

-

Predicciones

- El tiempo térmico acumulado total es similar para plantines de mayor edad trasplantados un mes más tarde que plantines convencionales trasplantados en fecha.
- Los rendimientos obtenidos en un cultivo iniciado con plantines de mayor edad son similares a los alcanzados por un cultivo a partir de plantines convencionales.
- Trasplantar un mes más tarde a invernadero plantines de mayor edad logra rendimientos similares a un trasplante en fecha convencional.
- El retraso de fecha de trasplante es compensado por la mayor edad del plantín.

A continuación, se desarrollan capítulos relacionados con los objetivos específicos del trabajo.

-

•

Capítulo 2

Calidad de Plantín

•

•

Introducción

En horticultura, así como en plantas ornamentales, el método más utilizado para obtener plantines sanos y vigorosos es a través de la siembra y posterior crecimiento vegetativo en bandejas plásticas (multiceldas). Esto permite un ahorro de semilla, en particular la de tomate que es de alto costo, mejor planificación de siembras, calidad y uniformidad de plántulas, ahorro de sustrato, facilidad para movilizar los plantines, fácil remoción y evita la destrucción de la raíz de las plantas al momento del trasplante (Jaramillo *et al.*, 2006). A su vez, utilizar semillas híbridas de mayor valor, eleva el costo de producción. Ante esa situación, la mayoría de los plantines son producidos en bandejas de poliestireno o de plástico con celdas en forma de pirámide invertida o de cono que se adelgazan hacia el fondo para facilitar su extracción al momento del trasplante.

La edad del plantín al momento del trasplante es un factor fundamental, determinante del éxito de la producción, pues el tiempo de permanencia en un volumen de celda reducido puede comprometer su desempeño en el campo y/o invernadero. Por ello, la edad adecuada para realizar el trasplante está muy ligada al tipo de bandeja utilizada. La literatura señala que, cuando se usan bandejas con volumen menor, los plantines deben ser trasplantados más jóvenes que cuando se utilizan bandejas con celdas grandes (Quenta Caipa, 2013). Además, el manejo de plantines puede ser una opción para incrementar el rendimiento y precocidad en la cosecha de tomate en invernadero (Martinez-Gutierrez *et al.*, 2016). Una plántula mal formada o estresada compromete el desarrollo futuro del cultivo ocasionando pérdidas en la producción (Quenta Caipa, 2013). En sistemas donde la semilla se siembra de manera directa

•

- en el suelo, sin realizar plantines, la variación en la capacidad de almacenamiento de los sustratos y/o suelos origina plántulas con distinto vigor, por lo tanto, el uso de las bandejas de germinación disminuye la heterogeneidad de los plantines al momento del trasplante (WilchesRojas *et al.*, 2008). Además, el uso de altas densidades de siembra en la etapa de obtención de plantín en vivero, es decir, contenedores más pequeños, permite disminuir los costos de producción (Schrader, 2000). Los costos de una empresa productora de plantines hortícolas dependen de la localización, tamaño y tipo de los invernaderos, estructuras y características de la operación. Los costos se dividen en fijos (ej. materiales, calefacción, irrigación, sembradoras, envases, polietileno, bomba de agua, depreciación, impuestos, seguros, etc.) o variables (semillas, medio, reparaciones, mano de obra, fertilizantes, electricidad, agua). Estos últimos varían anualmente de acuerdo al número de rotaciones de cultivos y nivel de producción. El periodo en que los plantines se consideran apropiados para el trasplante es variable de acuerdo con el tamaño de la celda, condiciones ambientales, manejo cultural, época del año y tipo de mercado de venta (preferencia de los productores). En términos generales el ciclo del cultivo aumenta con el tamaño de la celda, y consecuentemente también los costos de producción de los plantines (Leskovar, 2001). En el caso de tomate, estos sistemas deberían ser compatibles con la producción de plantas de calidad, esencial para un trasplante exitoso, ya que la condición de la planta al momento del trasplante afecta su etapa de establecimiento, precocidad en la cosecha, rendimiento total y tamaño de fruto (Weston & Zandstra, 1986). Obtener plantines en bandejas multiceldas es una tecnología avanzada con gran adopción en el campo de la producción de hortalizas.

-

- Aunque la utilización de bandejas con mayor número de celdas mejora la eficiencia de la producción de plantines, la reducción del tamaño de estas aumenta las condiciones de restricción de las raíces, afectando la morfología y fisiología de los plantines (Vagnoni *et al.*, 2014). Sin embargo, es escasa la información científica disponible sobre los cambios en el estado fisiológico de las plantas durante el período vegetativo cuando se producen plantines en bandejas multiceldas. Numerosas publicaciones consideraron los efectos de las principales variables en el proceso de producción de plantines como volumen y forma de celda, nutrición, etc., evaluando uno o dos factores a la vez (Balliu *et al.*, 2007; Liu & Latimer, 1995; Singh *et al.*, 2007). Sobre la base de estos parámetros no se pueden establecer pautas operativas generales con respecto a la elección del plantín (Leonardi & Giuffrida, 2008). Asimismo, una serie de interrogantes aún no tienen respuesta única o combinada de las características de los contenedores, biología de los plantines, el tamaño del área en el contenedor y su efecto en la productividad fotosintética durante el crecimiento vegetativo, así como algunas características fisiológicas pertinentes a la cantidad de biomasa sintetizada (Shopova & Cholakov, 2014). Otro enfoque podría basarse en la comprensión de las relaciones causa/efecto entre las características de los plantines y la posterior respuesta del cultivo, tanto en términos de precocidad como de rendimiento. Este enfoque podría tener una mayor importancia desde la perspectiva de la aplicación práctica ya que los productores hortícolas al comprar los plantines no están informados sobre los aspectos técnicos durante su proceso de producción, mientras que tienden a expresar juicios basados en características exteriores de los plantines. En este sentido, los productores basan sus elecciones en ciertos
-

- parámetros definidos empíricamente (por ej.: crecimiento balanceado, color de hoja, firmeza de tallo, etc.). Sin embargo, no hay indicaciones precisas disponibles sobre la validez de estos parámetros y su influencia en la respuesta productiva del cultivo en las fases posteriores (Leonardi & Giuffrida, 2008). Los factores que afectan las características deseadas de la planta previo al trasplante son: tamaño del contenedor, nutrición mineral, la edad de la planta al momento del trasplante (Weston & Zandstra, 1986), luz, temperatura, dióxido de carbono, humedad del aire, suministro de agua, sustrato, métodos de cultivo, especie o variedad (Jankauskiene *et al.*, 2013). En términos generales un plantín de calidad se identifica con un tallo vigoroso, de una altura de 10 a 15 cm, con ausencia o mínima clorosis, buen desarrollo radical y libre de plagas. La calidad del plantín es usualmente definida por el consumidor (productor hortícola) como fue mencionado previamente, y en menor escala por quien produce plantines (Gandolfi, 2013). Algunos de los parámetros relacionados con la calidad de los plantines pueden observarse en la Tabla 2.

-

•
Tabla 2

Parámetros biométricos de plantines de tomate (Leonardi & Giuffrida, 2008).

	Mínimo	Media	Máximo
Peso seco total (g. planta ⁻¹)	0.04	0.34	0.97
Peso seco raíz (g. planta ⁻¹)	0.01	0.08	0.23
Peso seco aéreo (g. planta ⁻¹)	0.01	0.07	0.19
Peso fresco aéreo (g. planta ⁻¹)	0.21	0.87	2.07
Porcentaje de materia seca aérea (%)	5.45	7.87	9.65
Firmeza del tallo (g/2 mm)	142	445	983
Presencia de raíz en espiral (%)	0	62	100
Presencia de botón floral (%)	0	30	100
Área foliar (cm ² . planta ⁻¹)	5.1	26.6	72.1
Clorofila II (SPAD)	31.3	41.1	48.2
Presencia de cotiledones (%)	8	86	100
Número de hojas	2	4	6.6
Distancia 1° - 3° hoja (cm)	1	2.6	4.3
Altura (cm)	3.9	7	11.7

Una de las características más importantes a considerar, para la obtención de una buena calidad de los plantines hortícolas, es un equilibrado desarrollo entre la parte aérea y la raíz (PA:Rz) (Zandstra & Liptay, 1999). El crecimiento aéreo y radical están íntimamente

•

- relacionados, pues las raíces se basan en la porción aérea de la planta para obtener los fotosintatos y diversas hormonas, mientras que la porción aérea de la planta cuenta con las raíces para obtener agua, nutrientes, soporte y hormonas (Aravena, 2018). La importancia de una adecuada relación PA: Rz se justifica al momento del trasplante al ser un factor determinante en la eficiencia de la implantación (Vavrina, 1998) ya que con un buen desarrollo del sistema radical generalmente sufren menos el estrés post trasplante (Leskovar, 2001). La relación PA/PR determina el balance entre la superficie transpirante y la superficie absorbente de la planta, por ello Cobas López *et al.* (2016) sostienen que existe una alta correlación entre el peso (biomasa aérea y radical) de la planta con la supervivencia a campo, de la misma manera que con el diámetro del tallo o cuello de raíz. Esta relación puede alterarse fuertemente al producirse el desarrollo radical en condiciones de restricción física, como la impuesta por la utilización de volúmenes reducidos de celdas (Fang *et al.*, 2013). Por ello es necesario explorar la opción de utilizar distintos tamaños de celdas, así como el tiempo que pueden permanecer en ese estado sin verse afectada la supervivencia pos trasplante, rendimiento e inicio de cosecha (Martinez-Gutierrez *et al.*, 2016).

Edad del Plantín

El estado de crecimiento del plantín es un indicador importante de su calidad. El periodo de tiempo durante el cual crecen los plantines afecta al desarrollo del cultivo, biomasa, composición bioquímica, crecimiento pos trasplante, resistencia a condiciones

-

- desfavorables y costos de trasplante. Investigaciones previas determinaron que la edad y tamaño apropiado de trasplante difiere para cada especie. Puede ser determinada en semanas o número de hojas (Jankauskiene *et al.*, 2013). Vavrina y Orzolek (1993) y Orzolek *et al.* (2004) demostraron que un buen rendimiento de tomate puede obtenerse con plantines trasplantados a la edad de 2-13 semanas. Por otro lado, Salik *et al.* (2000) indicaron que plantines de cinco semanas de edad tuvieron un mejor crecimiento pos trasplante y su rendimiento fue mayor que los de cuatro y seis semanas. La elección de la edad del plantín al trasplante depende entre otros factores de la tecnología de producción disponible y de la preferencia del productor. Los productores prefieren plantines jóvenes en crecimiento activo, principalmente por cuestiones económicas y/o desconocimiento de las ventajas y desventajas de los mismos. Según Jankauskiene *et al.* (2013) al utilizar plantines de menor edad (tres a cuatro semanas) el cultivo requiere más tiempo en su periodo de crecimiento para alcanzar un óptimo rendimiento, pero las plantas son menos afectadas por plagas, por el contrario, los de mayor edad (siete a nueve semanas) desarrollan más rápido generativamente que vegetativamente (Schrader 2000; Orzolek *et al.*, 2004), obteniendo un rendimiento precoz mientras que los plantines más jóvenes sufren menos estrés (Vavrina, 1998). La elección de la edad óptima del plantín juega un rol de importancia económica ya que la cosecha de dichos trasplantes comenzaría más tempranamente coincidiendo con mejores precios de mercado del tomate (Jankauskiene *et al.*, 2013). Al analizar el peso de los frutos, Lopes y Goto (2003) afirman que, a menor edad del plantín, mayor peso de los frutos.

- Contrariamente, Jankauskiene *et al.* (2013) demostraron que la edad del plantín no tuvo efecto sobre el peso de los frutos.

Volumen de Celda y Restricción Radical

Como se mencionó en el Capítulo 1, la producción de plantines se realiza en bandejas de poliestireno (hoy en menor medida debido a los costos) o de plástico con celdas de diversas formas y volúmenes. En general la elección del tamaño y profundidad de la celda está en función de la especie seleccionada, tiempo de crecimiento, sistema radicular y vegetativo. Si bien hay una relación directa entre tamaño de la celda y el tamaño del plantín, por razones de costos la tendencia es utilizar envases con mayor número de celdas de menor volumen (Gandolfi, 2013). La edad adecuada del plantín para realizar el trasplante está muy ligada al tipo de bandeja empleada. La literatura señala que, cuando se usan bandejas con volumen menor de celda, las plantas deben ser trasplantadas más jóvenes (Quenta Caipa, 2013). Los plantines crecidos en bandejas poseen generalmente diferencias morfológicas con las plantas provenientes de siembra directa en el lugar definitivo (Ne Smith y Duval, 1998). Un volumen de celda pequeño implica una pequeña cantidad de sustrato y, por lo tanto, una posible reducción en la disponibilidad de agua y nutrientes para la planta si no se maneja adecuadamente el riego (Poorter *et al.*, 2012). Las raíces de tomate creciendo en condiciones restrictivas resultan en una pérdida de raíces primarias y en un aumento en el número de raíces laterales (Peterson *et al.*, 1991). Estas modificaciones en la morfología de la raíz serían más pronunciadas con menores tamaños de contenedores y podría predisponer a las

-

- plantas a sufrir estrés hídrico debido a que una significativa reserva de agua en el suelo queda sin explorar. Cuando los plantines que han sufrido restricción radical son trasplantados al suelo normalmente son incapaces de compensar la evapotranspiración aún si están bien provistos de agua pos trasplante (Aloni *et al.*, 1991). Una reducción en el volumen disponible para el crecimiento de la raíz disminuye la capacidad fotosintética de las plantas a través de mecanismos fisiológicos similares a aquellos causados por un estrés hídrico (Shi *et al.*, 2008; Shopova & Cholacov, 2014). Shi *et al.* (2007) encontraron que la reducción en el volumen disponible para el crecimiento de la raíz provoca una deficiencia de oxígeno causada por una alta densidad radical. Además, el confinamiento del sistema radical genera cambios en los procesos de comunicación entre la raíz y la parte aérea de la planta (Ternes *et al.*, 1994), deficiencias nutricionales (Rieger & Marra, 1994) y desbalance hormonal, especialmente de citoquininas y giberelinas (Carmi *et al.*, 1983) así como de ácido abscísico (Ternes *et al.*, 1994), sugiriendo que este último actúa como un mensajero químico traslocado vía xilema a la parte aérea de la planta. Muchos investigadores han tratado de explicar las causas para los efectos supresivos de la restricción radical sobre el crecimiento aéreo. Además del rol de reguladores de crecimiento endógenos, existen otras posibilidades como deficiencia de compuestos N-amino (Carmi, 1993), crecimiento lento de las células meristemáticas que están generando células precursoras de hojas en los primordios (Korner *et al.*, 1989) y una disminución en la respiración radical (Peterson *et al.*, 1991). Shi *et al.* (2007) también encontraron que la restricción de la raíz en plantas de tomate resultó en un incremento en la concentración de ácido abscísico (ABA) en los fluidos del xilema, y que el oxígeno fue uno
-

- de los factores más limitantes en el crecimiento de la parte aérea bajo condición de restricción radical (Shi *et al.*, 2007). Con respecto a los parámetros fisiológicos Vagnoni *et al.* (2014) observaron un aumento del contenido de azúcares solubles en los plantines de las celdas más grandes, principalmente en los tallos, lo que implica un mayor contenido de carbohidratos de reserva. El contenido de azúcares y almidón es un parámetro importante en muchas especies porque marca la cantidad de reservas disponibles por los plantines para poder superar el momento crítico del trasplante. En cuanto a la concentración de clorofila se encontró un aumento en el contenido de clorofila b, lo que modificó la concentración de clorofila total, en los plantines de celdas pequeñas. Esto puede ser debido a que, al aumentar la densidad de plantas por bandeja, el sombreado entre plantas indujo a un aumento del contenido de clorofila, en especial clorofila b (Vagnoni *et al.*, 2014). También se observaron cambios en la parte aérea, indicado por Mugnai y Al-Debei (2011) quienes determinaron que en plantines de tomate la restricción radical, llevó a una reducción tanto del total de materia seca como del área foliar, incrementándose considerablemente con el aumento de la duración de la restricción. Kemble *et al.* (1994) señalaron que, en tomate, la altura, el área foliar, el peso seco aéreo y el diámetro de tallo aumentaron al aumentar el volumen de raíces. Tanto en tomate como en pimiento, Weston & Zandstra (1986) encontraron que los plantines que crecieron en contenedores de mayor volumen producían plantas de mayor altura y precocidad. El tamaño de estos plantines obviamente tendrá un efecto en la calidad de los mismos y el costo de traslado, como fue señalado por Cantliffe (2009) ya que son simplemente más difíciles de manejar y más costosos.

-

- Integrando ambos factores (volumen de contenedor y edad del plantín) Martínez-Gutierrez *et al.*, (2016) concluyeron que el volumen de sustrato utilizado, el tiempo de permanencia en plantinera (edad) y la interacción entre ambos tuvo diferencias significativas en altura de plantín, diámetro de tallo, largo y volumen de raíz y peso fresco y seco radical. Las plantas mostraron mayor crecimiento cuando permanecieron más tiempo en la plantinera (mayor edad) y crecieron en mayor volumen de sustrato. El rendimiento total decreció al aumentar el tiempo de permanencia en plantinera y volumen de sustrato. Este resultado contradice a Cooper *et al.* (2002) quienes señalan que un mayor volumen de sustrato influencia el tamaño de fruto y como consecuencia el rendimiento total. Sin embargo, refuerza los resultados obtenidos por Sánchez *et al.* (2012) quienes no encontraron diferencias en el peso promedio de frutos y rendimiento por planta al aumentar el volumen de sustrato. Los plantines obtenidos con mayor volumen de sustrato y mayor edad fueron los más altos, con mayor diámetro de tallo, largo y volumen de raíz, y peso seco y fresco radical, mientras que los plantines obtenidos en menor volumen de sustrato y menor tiempo de permanencia en la plantinera resultaron en mayor rendimiento de fruto por planta, pero el rendimiento no se incrementó al aumentar el volumen de sustrato y edad (Martínez-Gutierrez *et al.*, 2016). Además de estos aspectos, particularmente deberían realizarse seguimientos del comportamiento del cultivo posterior al trasplante. Asimismo, incluir investigaciones que integren la cuestión económica sería beneficioso para el desarrollo de sistemas productivos óptimos tanto para el productor como para el consumidor de plantines (Magar *et al.*, 2021).

-

Objetivo General

Evaluar la calidad de plantines de tomate de distinta edad en dos fechas de trasplante en un invernadero en el cinturón hortícola platense (CHP)

Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros biométricos de plantas de tomate.
- Calcular la relación parte aérea/raíz.
- Estimar área foliar, clorofila total y porcentaje de nitrógeno en hojas
- Determinar número de hojas verdaderas totales y el número de hojas previas a la primera inflorescencia.
- Identificar presencia de raíz en espiral, permanencia de cotiledones y clorosis.
- Calcular la suma térmica desde la siembra hasta el momento del trasplante.

Hipótesis

La calidad de los plantines de tomate se modifica como resultado de la edad y el momento de trasplante.

Predicción

Los indicadores de calidad medidos, estimados y calculados en los distintos tratamientos difieren significativamente en función de la edad.

-

-

Materiales y Métodos

Localización de la plantinera

Los plantines utilizados en este experimento fueron producidos por Baby Plant SRL, plantinera comercial de la zona de Lisandro Olmos, Provincia de Buenos Aires ubicada en Avenida 44 entre 179 y 182

Material Vegetal

Los plantines de tomate utilizados para este ensayo fueron del cv. Elpida (Enza Zaden). Durante el desarrollo de estos se colocaron dos dataloggers (WatchDog A150 Temp/RH Logger) para el registro de temperatura y humedad relativa. El esquema de obtención de los plantines fue el siguiente: se sembró en bandejas de poliestireno multiceldas de 128 alvéolos, de un volumen de 24 cm³ cada celda (Ing. Carluccio SRL). Se utilizaron diferentes fechas de siembra para cada tratamiento (Tabla 3). Para los plantines convencionales de la primera fecha de trasplante (T1) la siembra se realizó el 30/11/2017, trasplantándose a suelo en invernadero el día 04/01/2018 a los 35 días de edad. Para el tratamiento plantín de mayor edad trasplantado en enero (T2) la siembra en bandejas se realizó el 15/11/2017, se repicó a bandejas "multimaceta" de 1500 cm³ de capacidad con cuatro celdas (cada una de 375 cm³) a los 33 días, donde permanecieron hasta el trasplante (04/01/2018) con un total de 50 días de edad. El mismo procedimiento se siguió para la obtención de los tratamientos trasplantados en febrero. El tratamiento T3 se sembró el

-

- 15/01/18, trasplantándose a invernadero el 09/02/18 con 25 días de edad, mientras que para T4 se sembró en bandejas el 26/12/17, se repicó a macetas de mayor tamaño el 13/01/18 a los 18 días desde siembra, y se trasplantó en invernadero el 09/02/18 con un total de 45 días de edad. La diferencia de edad entre los tratamientos T1 y T2 fue de 15 días; y entre T3 y T4 fue de 20 días.

Además, teniendo en cuenta las medidas largo y ancho (cm) de las bandejas de siembra y macetas para los tratamientos de plantines convencionales y los de mayor edad respectivamente, se calculó la superficie utilizada en la plantinera para cada caso. Las temperaturas medias durante el crecimiento de los plantines desde siembra a trasplante fue 26 °C para T1; 25° C para T2; y 28 °C para T3 y T4. El criterio para definir el momento de plantín terminado en el caso de los convencionales fue la presencia de al menos cuatro hojas verdaderas, una altura de plantín de 7 a 10 cm. Luego se buscó alcanzar aproximadamente la misma diferencia de edad (expresada en semanas) entre los plantines trasplantados en la misma fecha; así se trasplantaron los convencionales (T1) en enero con aproximadamente cinco, mientras que los de mayor edad (T2) con siete. En febrero se trasplantaron con aproximadamente 4 semanas los plantines convencionales (T3) y con seis los de mayor edad (T4).

-

•
Tabla 3

Tratamientos

Tratamiento	Fecha de trasplante	Edad (Días)
T1	Enero	Convencional (35)
T2	Enero	Mayor edad (50)
T3	Febrero	Convencional (25)
T4	Febrero	Mayor edad (45)

Medición de parámetros biométricos del plantín

La calidad de los plantines de tomate fue evaluada al momento del trasplante. Dichas evaluaciones fueron realizadas en la Cátedra de Horticultura de la Facultad de Agronomía – UBA. Los parámetros medidos fueron:

- Altura de plantín: desde el cuello hasta el punto de inserción del último par de hojas expandidas con cinta métrica (cm)
- Diámetro de tallo: con calibre digital (mm)
- Número de hojas totalmente expandidas
- Distancia entre 1° y 3° hoja con cinta métrica (cm)
- Área foliar (cm²/plantín) estimada a través de una ecuación alométrica (Astegiano et al., 2001) que relaciona el largo (L) y ancho (A) máximo de cada hoja a través de la fórmula:

$$AF= 0.34 (L*A)-9.31$$

•

- - Peso fresco (PF) y seco (PS) de la parte aérea y radical (g) utilizando balanza de precisión y estufa de secado para estimar el porcentaje de materia seca (%MS)
 - Relación parte aérea: raíz (PA:Rz)
 - Volumen de raíz por desplazamiento de líquidos (cm³) (principio de Arquímedes) registrando La diferencia entre el volumen de líquido inicial y el volumen después de sumergir la raíz en la probeta.
 - Presencia o ausencia de botón floral
 - Presencia o ausencia de cotiledones a través de observación directa
 - Clorosis en hojas a través de observación directa y por colorimetría (Minolta® SPAD 502)
 - Raíz en espiral, a través de observación directa
 - Firmeza del tallo a través de la medición de la resistencia (penetrómetro FT 327) colocando la punta del penetrómetro sobre la superficie y aplicando una fuerza de manera lenta y constante registrando la cantidad necesaria para penetrar el tallo.
 - Sólidos solubles totales (SST) en tallo (°brix) con refractómetro ZGRB ATC, tomando una muestra (trozo del tallo) y extrayendo savia con mortero.
 - Estimación de clorofila o índice de verdor y estimación de porcentaje de nitrógeno en hojas (Minolta® SPAD 502).

El medidor de clorofila Minolta® SPAD 502 estima la concentración relativa de clorofila por medio de la luz transmitida a través de la hoja en 650 nm (longitud de onda

•

- fotosintéticamente activa) y 940 nm. (León *et al.*, 2007). Las fórmulas para estimar clorofila y nitrógeno total:

$$\text{Clorofila total (mg.g}^{-1}\text{): (SPAD-6.7) / 15.11}$$

$$\text{(%N): (SPAD+4.26) / 16.51}$$

A partir de las mediciones de diámetro de tallo y altura de planta se calculó el Índice de esbeltez de Schmidt – Vogt (IE) (Martínez Moya, 2014) según la fórmula:

$$\text{IE} = \text{diámetro de tallo (mm)} / (\text{altura de planta [cm]} / 10) + 2$$

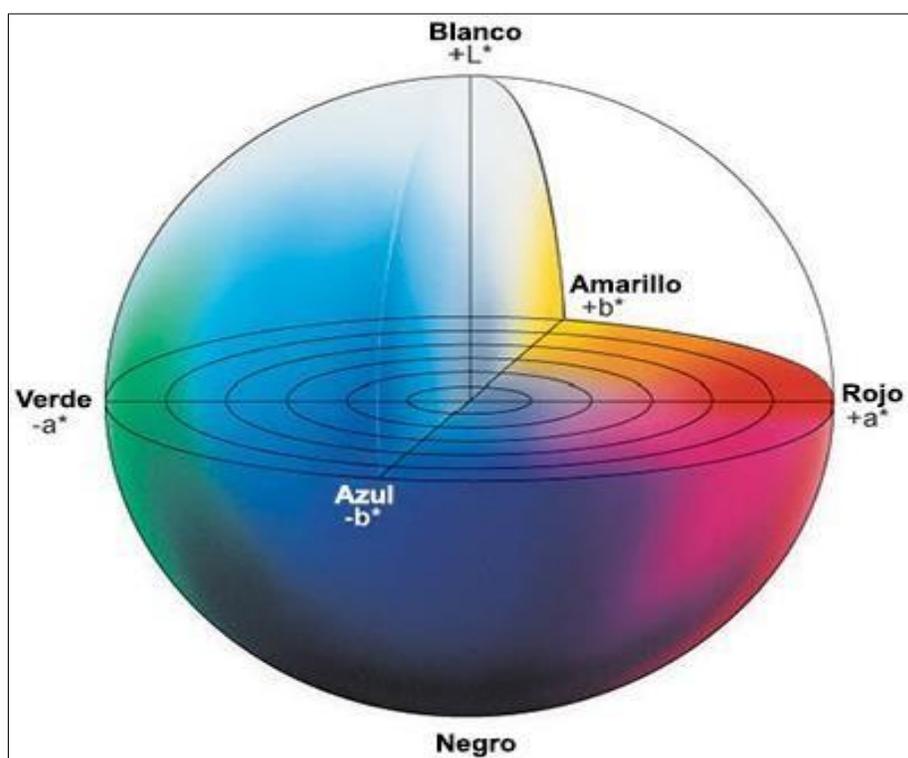
En las mismas tres hojas por muestra con las que se estimó la clorofila, en su cara adaxial y evitando nervaduras, se midieron los parámetros “a”, “b”, “c”, “H” y “L” usando un cromámetro Minolta CR 300. Dicho cromámetro se basa en el sistema CIE (Comisión Internacional de Iluminación, responsable de la coordinación internacional de las normas técnicas relacionadas con la iluminación). La coordenada L* es una medida de claridad (blanco-negro) y varía desde el punto de ausencia de reflejo, L = 0, hasta el punto de reflejo difuso perfecto, L = 100). El valor a* es negativo para colores verdes y positivo para colores

-

- rojos, en tanto que el valor b^* varía desde los valores negativos para el color azul, hasta los positivos para el amarillo. El valor c^* (croma) representa la saturación, y varía de 0 a 100, mientras que el valor del ángulo hue (tono) h^* toma valor es entre 0° y 360° , siendo 0° un color rojo púrpura y 360° azulado verdoso (Figura 2).

Figura 1

*Espacio de color $L^*a^*b^*$.*



Fuente: <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>

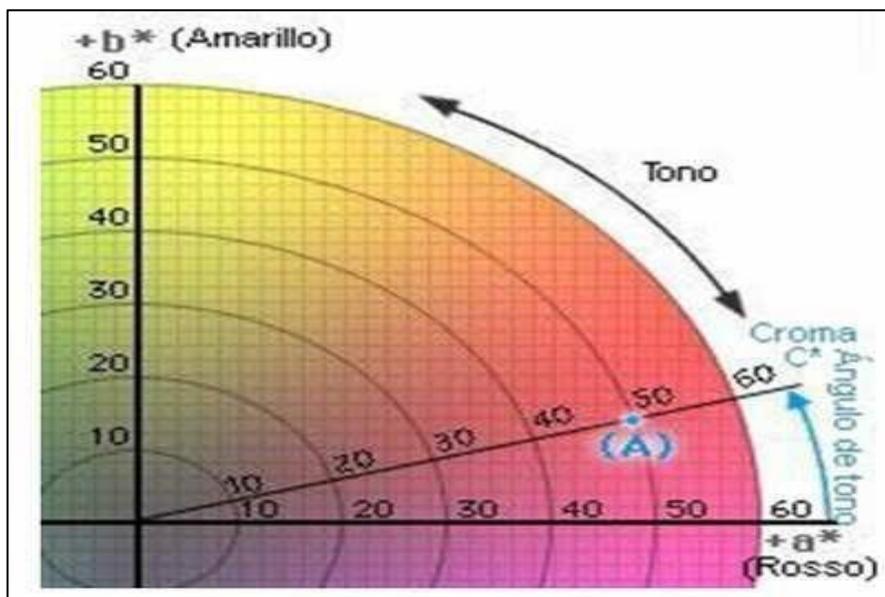
-

•

El espacio de color L^*a^*b (también denominado CIELAB), es el espacio para medir el color de los objetos. L^* indica la luminosidad, oscila del negro (0) al blanco (100), y a^* y b^* son las coordenadas de cromaticidad. Cuando a^* es + indica dirección hacia el rojo, cuando es – indica dirección hacia el verde. Cuando el b^* es + indica dirección hacia el amarillo, en cambio cuando es – indica dirección hacia el azul. (McGuire, 1992). El espacio de color L^*C^*h , en comparación al anterior utiliza coordenadas cilíndricas en vez de rectangulares, el L^* es la luminosidad (0 a 100), C^* es la croma (cero en el centro, e incrementa a mayor distancia del centro, el máximo es 60) y h es el ángulo del tono (desde el eje $+a^*$, en grados, 0° es rojo, 90° amarillo, 180° verde y 270° azul).

Figura 2

*Espacio de color L^*C^*h .*



Fuente: <http://www2.konicaminolta.eu/eu/Measuring/pcc/es/part1/08.html>

•

-

Diseño y análisis estadístico

El diseño estadístico fue completamente aleatorizado (DCA). La unidad experimental (UE) fue el plantín individual. Se tomaron cinco plantines de tomate al azar por cada tratamiento para evaluar su calidad. Se analizaron los resultados con el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011) a través de un ANOVA (análisis de la varianza) y test de comparación de medias Tukey con un nivel de significancia de 5%.

Resultados y Discusión

Superficie Utilizada para la Obtención de los Plantines. Distribución Espacial.

Con la finalidad de conocer el espacio ocupado por las bandejas multiceldas y multimaceta se midió largo y ancho de cada bandeja para comparar la superficie utilizada en cada caso para obtener una unidad de plantín. Los resultados indican que los plantines de los tratamientos T2 y T4 ocuparon 15 veces más superficie que los convencionales, ya que para producir la misma cantidad de plantines que se obtienen en una bandeja multiceldas (128), se necesitan 32 multimacetas (cuatro cavidades). El espacio involucrado para obtener un plantín convencional fue de $12 \text{ cm}^2 \cdot \text{planta}^{-1}$. Mientras que $182 \text{ cm}^2 \cdot \text{planta}^{-1}$ fueron necesarios para un plantín de mayor edad como el evaluado en este ensayo. Claramente el espacio disponible por plantín en el periodo de crecimiento se ve limitado lo que conlleva, en un corto tiempo, a la competencia particularmente por luz entre plantines por bandeja multialveolar.

-

•

Edad y Tiempo Térmico

En la Tabla 4 se puede observar los días desde la siembra a plantín terminado (edad) y el tiempo térmico acumulado para cada tratamiento.

Tabla 4

Edad y tiempo térmico al momento del trasplante de plantines de tomate cv. Elpida

	Enero		Febrero	
	Convencional	Mayor edad	Convencional	Mayor edad
	T1	T2	T3	T4
Edad (días)	35	50	25	45
Tiempo térmico (°Cdía)	597	785	467	982

El plantín de mayor edad al trasplante fue T2 con 50 días, seguido por T4 con 45 días, T1 con 35 días y T3 con 25. En promedio, los tratamientos T2 y T4 fueron trasplantados con 17 días más (un 36% superior) que T1 y T3, y acumularon 40% más tiempo térmico.

•

•

Tabla 5*Diferencia de tiempo térmico entre tratamientos*

Diferencia (°día)	T1	T2	T3	T4
T1	-	188	130	202
T2	188	-	319	14
T3	130	319	-	332
T4	202	12	332	-

En cuanto al tiempo térmico, como puede observarse en la Tabla 4, el tratamiento T4 fue el que acumuló mayor cantidad de grados día, siendo un 2% inferior el tratamiento T2, 25% el T1 y 42% inferior el T3. La diferencia en cuanto a la suma de tiempo térmico acumulado fue superior en el caso de los tratamientos de mayor edad trasplantados en febrero (T4) como puede apreciarse en la Tabla 5. Las implicaciones en la fenología y el comportamiento productivo del cultivo de tomate serán exhaustivamente analizadas en los capítulos 4 y 5.

Altura de Plantín

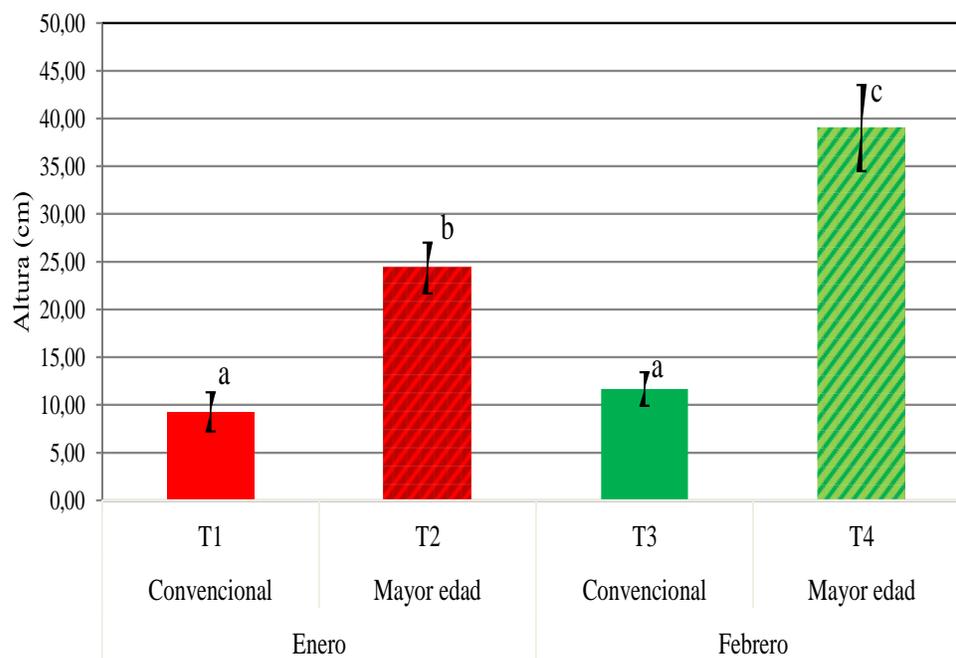
En la Figura 3 se puede visualizar la altura de los plantines en cada uno de los tratamientos al momento del trasplante.

•

•
Figura 3

Altura de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante

(Enero y Febrero.)



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Los plantines de mayor altura inicial fueron los correspondientes a T4 y T2 (39 y 24 cm, respectivamente) y los de menor altura T3 y T1 (12 y 9 cm, respectivamente). En promedio, los plantines convencionales presentaron un 33% menos de altura que los plantines de mayor edad. Al comparar el tratamiento T1 con el tratamiento T4 se observa una diferencia de 30 cm, teniendo los plantines convencionales un 76% menor altura que los plantines de mayor edad. Los plantines convencionales presentaron una altura dentro de los límites indicados en la Tabla 2 (Leonardi & Giuffrida, 2008). Esto concuerda con Shopova & Cholakov (2014)

•

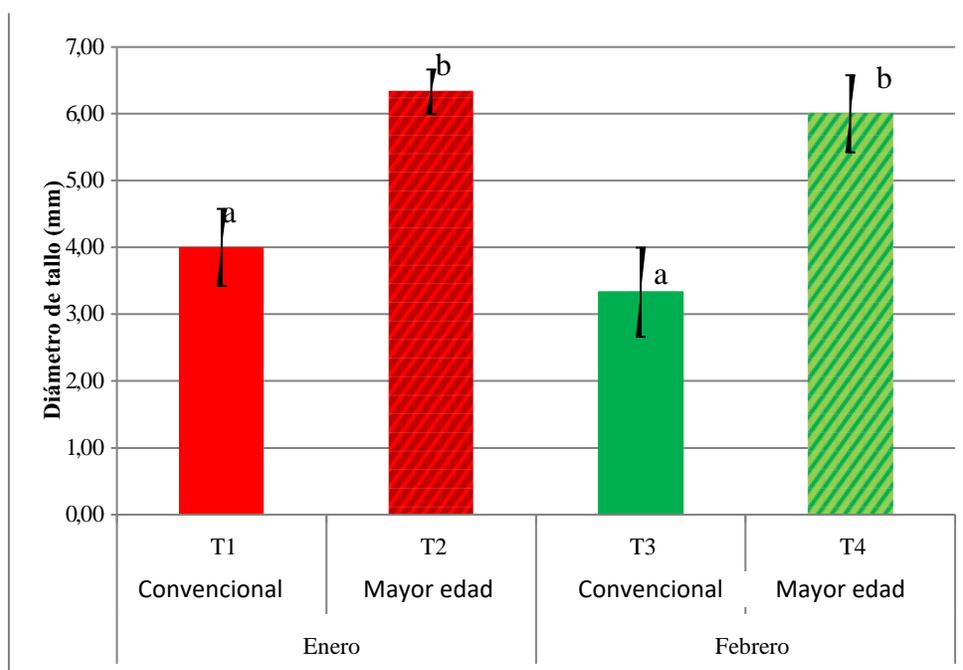
- quienes establecieron que con celdas de mayor volumen obtuvieron plantas de mayor altura, número de hojas y área foliar, mayor relación parte aérea: raíz y peso seco.

Diámetro de Tallo del Plantín

En la Figura 4 se presentan los diámetros de tallo de los plantines, donde puede observarse que los convencionales (T1 y T3) fueron en promedio un 73% menor que los plantines de mayor edad (T2 y T4) al momento del trasplante.

Figura 4

Diámetro de tallo de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

-

-

Este resultado coincide con Martínez -Gutiérrez (2016) quien encontró diferencias significativas en el diámetro de tallo de plantines de mayor edad y volumen de celda. Según Sáenz *et al.* (2010) y Cobas López *et al.* (2016) existe una alta correlación entre el diámetro de tallo de los plantines y la supervivencia a campo, con lo cual estos plantines de mayor edad estarían mejor preparados para enfrentar el shock de trasplante que los convencionales. Setúbal *et al.*, 2005 también encontraron diferencias significativas en cuanto al diámetro de tallo a favor de los plantines obtenidos en celdas de mayor volumen. Es importante destacar que aquellos tratamientos que presentaron diámetros superiores (T2 y T4) (que crecieron en celdas de mayor volumen y alcanzaron mayor edad cronológica) acumularon más tiempo térmico (Tabla 4), lo cual indica la existencia de una relación positiva entre el tiempo térmico acumulado por los plantines y el diámetro de tallo alcanzado.

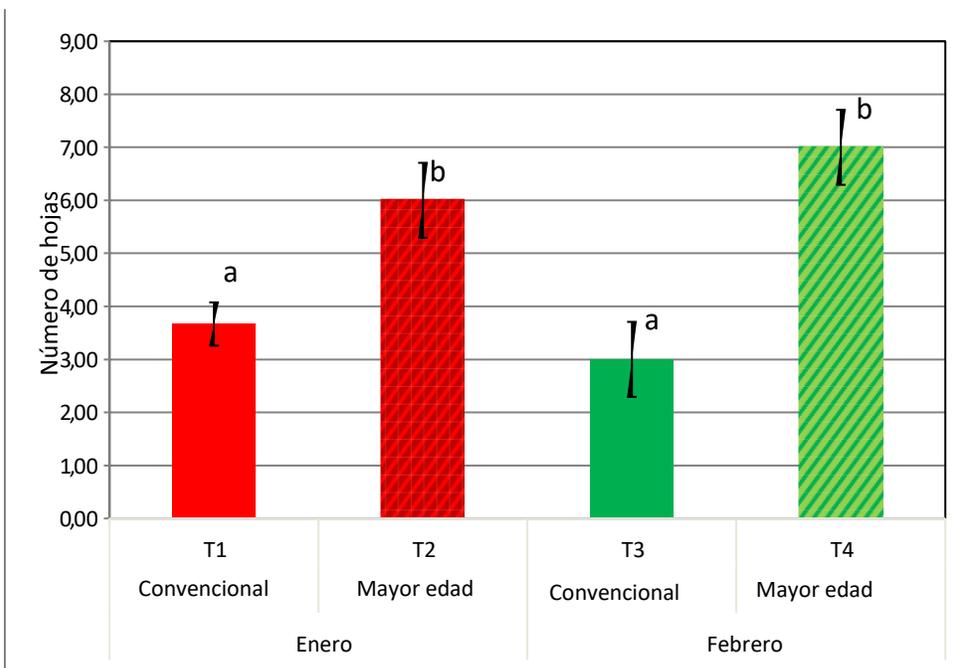
Número de hojas verdaderas

En la Figura 5 se puede apreciar el número de hojas verdaderas de los plantines de cada tratamiento.

-

•
Figura 5

Número de hojas totales en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Los tratamientos que mostraron una mayor cantidad de hojas iniciales fueron los plantines de mayor edad en ambas fechas de trasplante: T2 con seis hojas y T4 con siete. En promedio, estos tratamientos exhibieron un incremento del 49% en la cantidad de hojas totalmente expandidas en comparación con los plantines convencionales (T1 y T3). A pesar de estas diferencias, todos los tratamientos cumplieron con los parámetros establecidos como indicadores de calidad de los plantines, según se muestra en la Tabla 2.

•

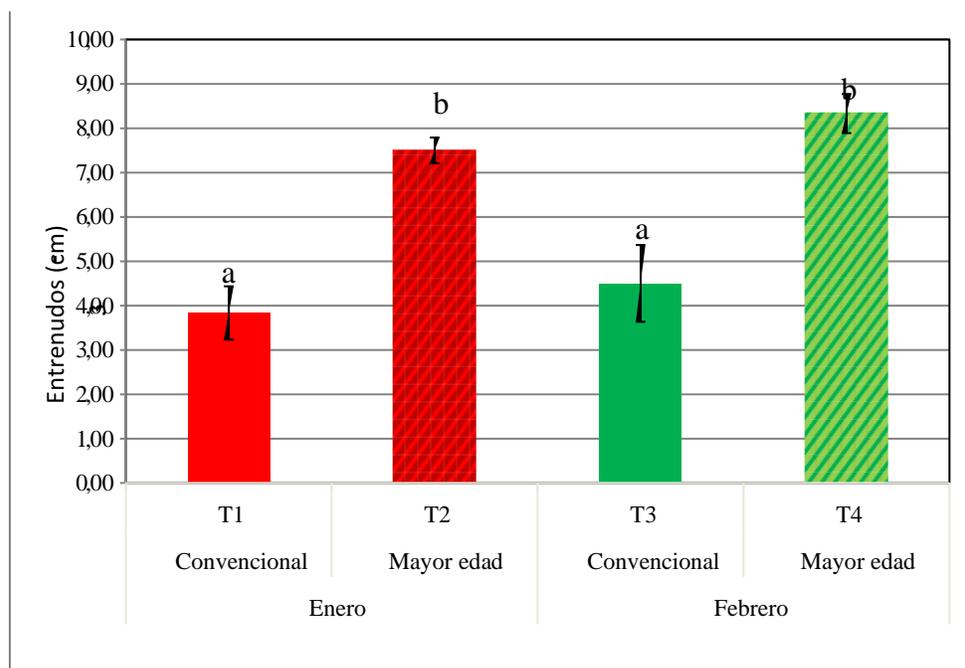
•

Extensión de Entrenudos

El largo de los entrenudos se estimó a través de la medición de las distancias entre la primera y la tercera hoja. Estas dimensiones de los tallos al momento del trasplante se observan en la Figura 6.

Figura 6

Distancia entre 1°-3° hoja en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

•

- La distancia entre la primera y la tercera hoja verdadera (longitud de entrenudo) fue en promedio un 47% inferior en los plantines convencionales (T1 y T3) con respecto a los de mayor edad (T2 y T4) (Figura 6). No se encontraron diferencias significativas entre los plantines de mayor edad trasplantados en enero con respecto a los de febrero, así como tampoco se diferenciaron los plantines de edad convencional entre ambas fechas de trasplante. En el caso de los plantines convencionales, en ambas fechas de trasplante la distancia entre la primera y tercera hoja se encontró dentro de los límites mencionados en la Tabla 2, no así los plantines de mayor edad, aunque es necesario resaltar que los parámetros biométricos expresados en dicha tabla surgen como resultado de la medición de plantines convencionales estándares y por lo tanto, es entendible que no abarque las dimensiones de plantines de mayor edad como los evaluados en este experimento.

Área Foliar

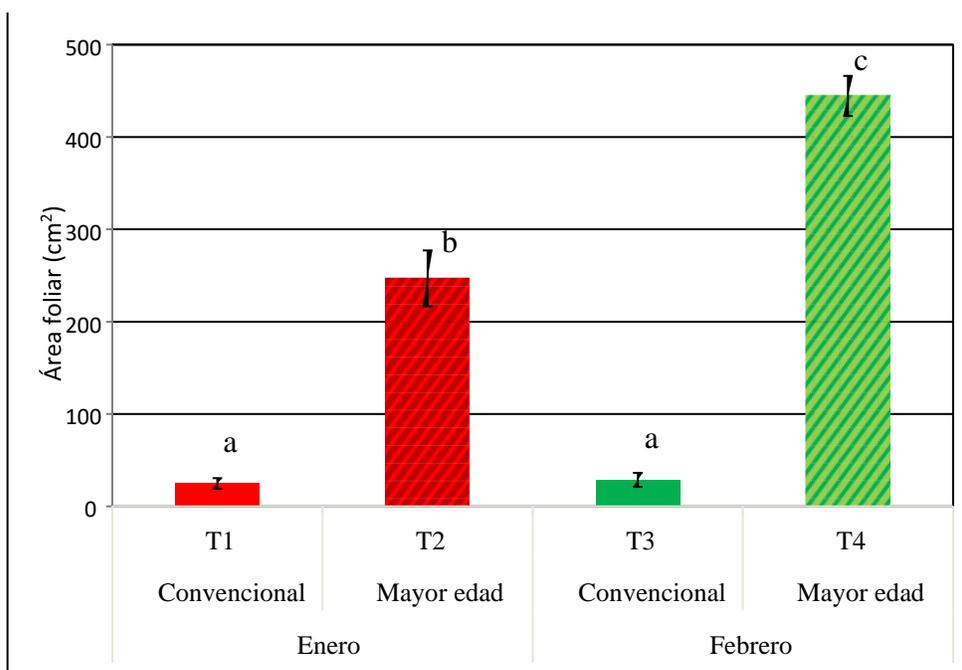
El tratamiento con mayor área foliar al momento del trasplante fue T4 con 445 cm² de área foliar por planta, seguido por T2 con 247 cm². En comparación con estos tratamientos el área foliar de los plantines convencionales (T1 y T3) fue un 92% menor (Figura 7). Estas diferencias significativas se deben no solo a que los plantines de mayor edad tuvieron mayor cantidad de hojas, sino que además estas eran de mayor largo y ancho que las de plantines convencionales. Este resultado coincide con Martínez Gutiérrez (2016) quien encontró

-

- diferencias significativas en el área foliar de plantines de mayor edad (mayor permanencia en plantinera) y mayor volumen de celda (mayor tamaño de contenedor).

Figura 7

Área foliar de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero)



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Peso Fresco de la Parte Aérea

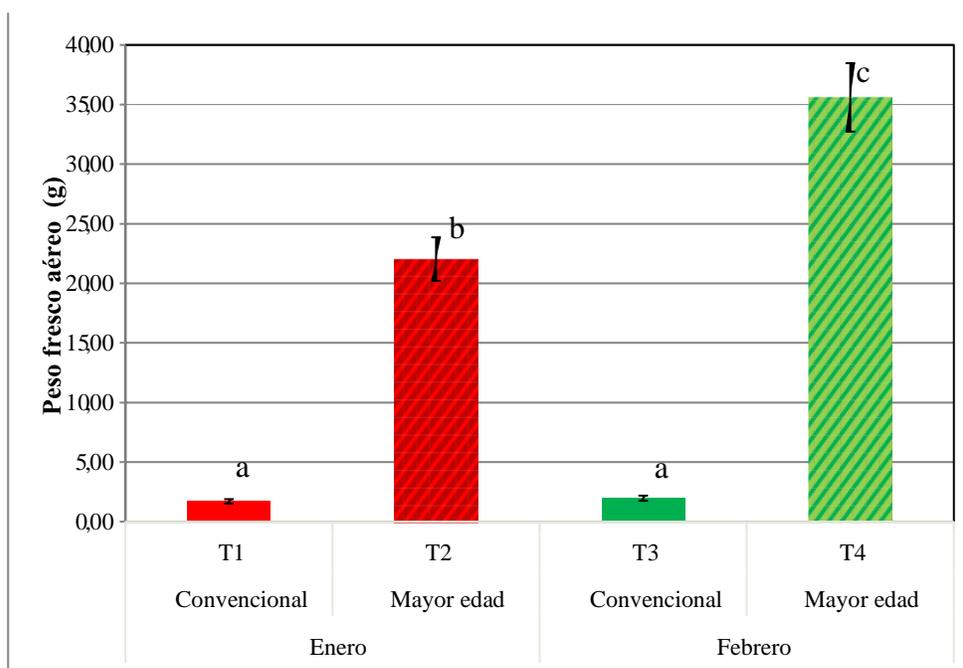
Los tratamientos con mayor peso fresco aéreo al momento del trasplante fueron los correspondientes a los plantines de mayor edad, tanto T2 como T4 en promedio tuvieron en

-

- promedio un 94% mayor peso fresco de su parte aérea que los plantines convencionales (T1 y T3) (Figura 8).

Figura 8

Peso fresco de la parte aérea en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).



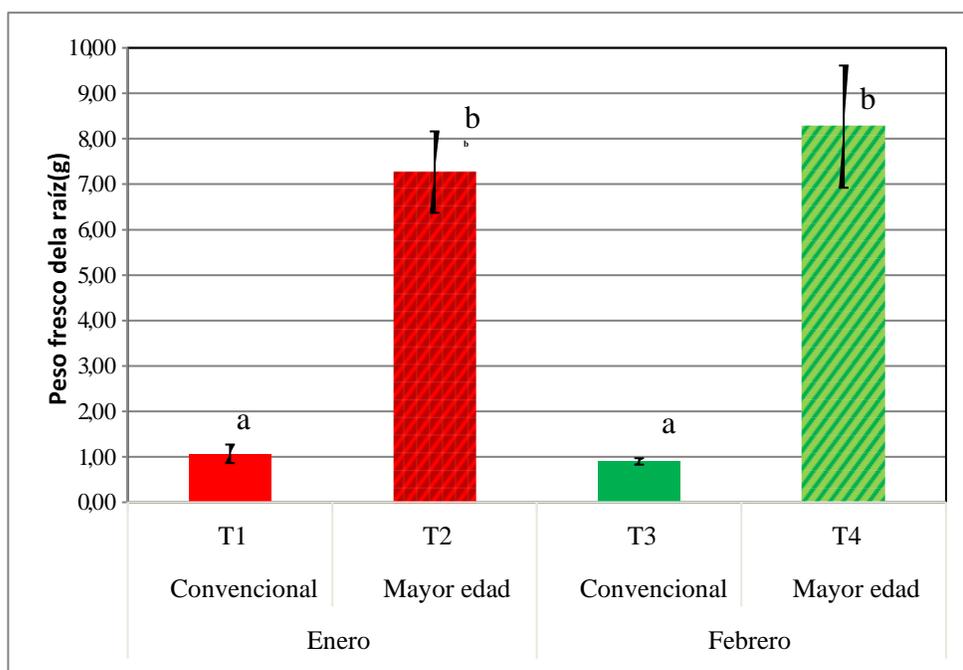
Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

•
Peso Fresco de la Raíz

Los tratamientos que presentaron mayor peso fresco de raíz al momento de trasplante fueron los correspondientes a plantines de mayor edad en ambas fechas (Figura 9). Las raíces de los plantines correspondientes a T2 y T4 fueron en promedio 88% más pesadas que las de plantines convencionales. Este resultado coincide con Martínez -Gutiérrez (2016) quien encontró diferencias significativas en el peso fresco radical de plantines de mayor edad.

Figura 9

Peso fresco de la raíz en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

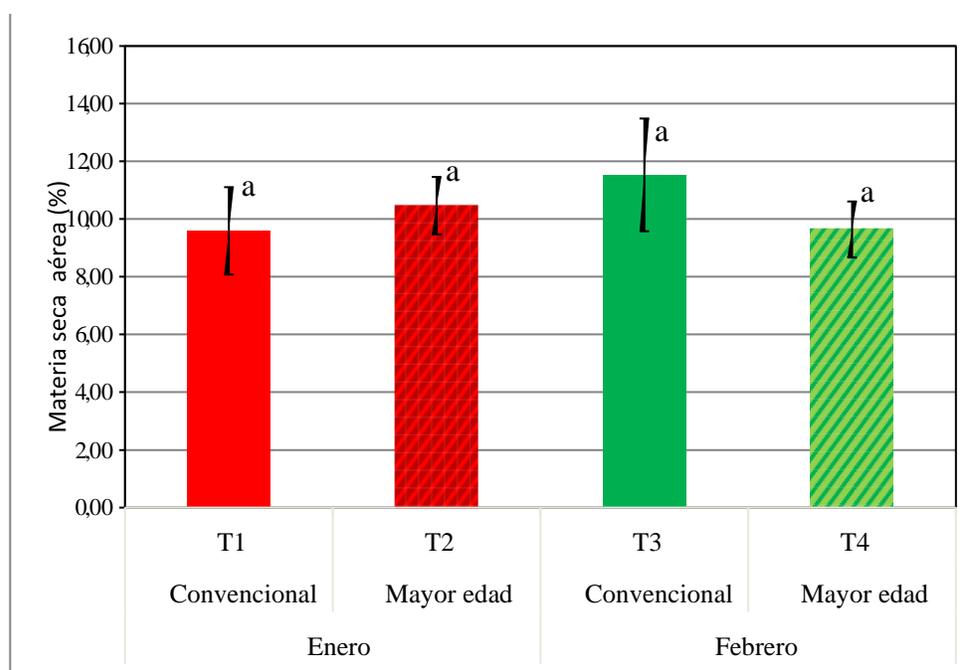
•

•
Porcentaje de Materia Seca Aérea

En la Figura 10 se puede observar los porcentajes de materia seca de la parte aérea de los plantines.

Figura 10

Porcentaje de materia seca aérea en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

En cuanto al porcentaje de materia seca en la parte aérea al trasplante no se encontraron diferencias significativas estadísticas entre tratamientos, aunque se presentó levemente un

•

- aumento (tendencia) en el caso de los tratamientos T2 y T3. Por lo tanto la diferencia en el peso fresco de la parte aérea no se explica por su contenido de agua, sino por diferencia en los parámetros referidos al tamaño total (número de hojas, área foliar, diámetro de tallo y altura de planta).

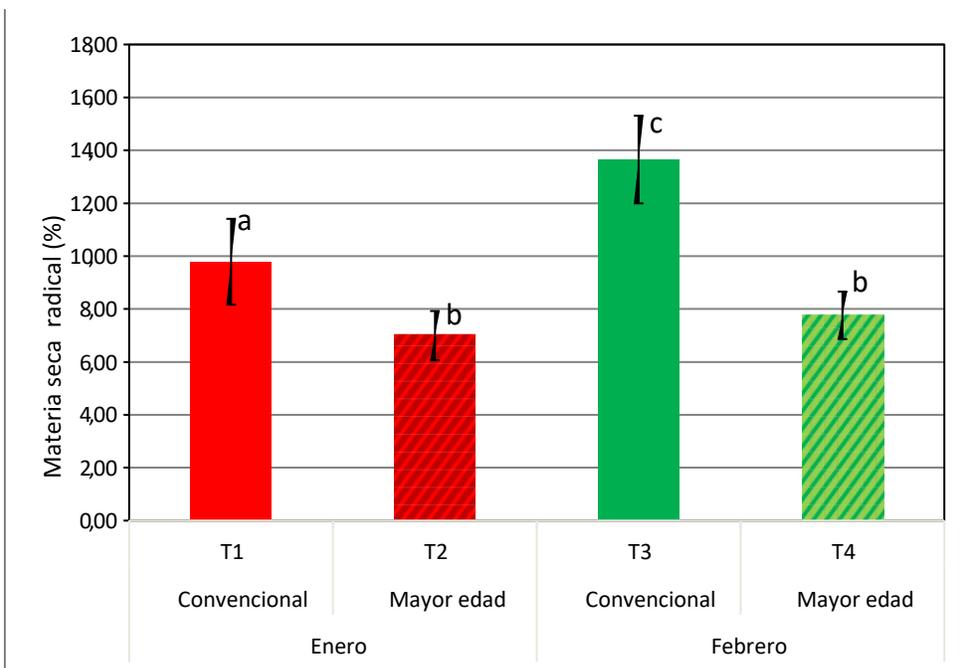
Porcentaje de Materia Seca Radical

En el caso de la parte radical, los tratamientos que mayor porcentaje de materia seca obtuvieron fueron los plantines convencionales (T1 y T3) teniendo estos un 53% más porcentaje de materia seca que los plantines de mayor edad (Figura 11). No se encontraron diferencias significativas entre los plantines de mayor edad trasplantados en ambas fechas. En este caso, a diferencia de la parte aérea, el mayor peso fresco de las raíces en plantines de mayor edad (T2 y T4) si podría explicarse por su mayor contenido de agua (menor porcentaje de materia seca) comparado con los plantines convencionales (T1 y T3).

-

•
Figura 11

Porcentaje de materia seca radical en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero)



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

•

-

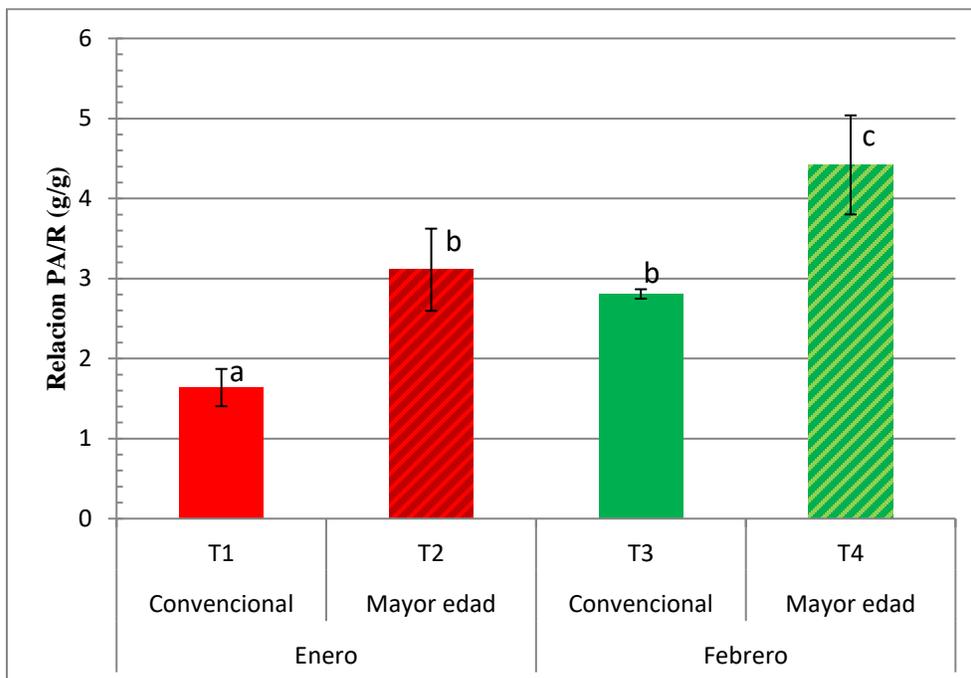
Relación entre Peso Seco de la Parte Aérea y Peso Seco de la Raíz

Teniendo en cuenta los pesos secos (g) de la parte aérea y la raíz el tratamiento que mayor relación presentaba al momento del trasplante fue T4, seguido por T2, T3 y T1 respectivamente. Los plantines de menor edad presentaron en promedio una relación 40% inferior que los plantines de mayor edad, como puede observarse en la Figura 12. Según Belosi (2018) valores entre cuatro y cinco son adecuados para la producción hortícola, por lo tanto, T4 fue el único tratamiento que alcanzó los valores ideales para trasplante ya que este valor (relación parte aérea/radical) se considera un buen indicador de la supervivencia del plantín, reflejando la relación de equilibrio entre fotosíntesis, transpiración y absorción de agua. Fontana *et al.* (2018) refuerzan este concepto, expresando que valores inferiores de relación parte aérea/radical indican una mayor capacidad para superar el momento crítico del trasplante ya que se ve favorecida la absorción de agua frente a las pérdidas. No obstante, mientras exista disponibilidad hídrica en el suelo, las plantas de relación mayor no necesariamente sufrirían mayor estrés postrasplante que las plantas con menor relación.

-

•
Figura 12

Relación parte aérea / radical en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero)



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Volumen de Raíz del Plantín

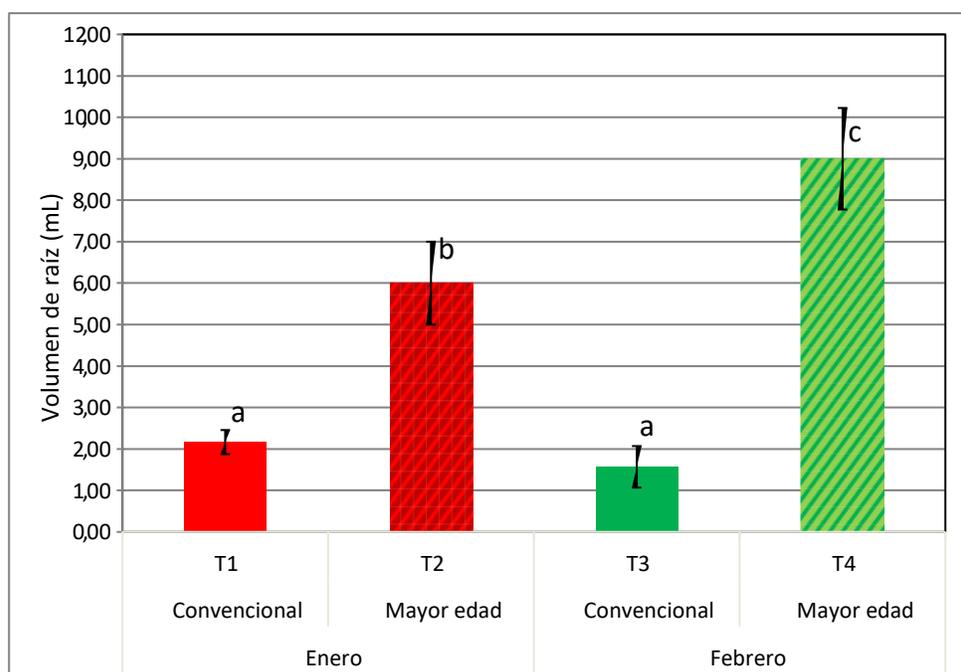
El mayor volumen radical al momento del trasplante lo lograron los tratamientos T2 y T4 (Figura 13). Los plantines convencionales tuvieron en promedio un 80% menos volumen de raíz. Este resultado coincide con Martínez -Gutiérrez (2016) quien encontró diferencias

•

- significativas en el volumen de raíz a favor de los plantines de mayor edad en celdas de mayor volumen.

Figura 13

Volumen de raíz en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al trasplante (Enero y Febrero)



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

-

-

Presencia de Botón Floral

Los plantines de mayor edad trasplantados en ambas fechas contaban con la primera inflorescencia visible, siendo el número de hojas precedente 7 para T4 y 6 para T2. El porcentaje de plantines que presentaron las inflorescencias visibles fue de 20% para T2 y 60% en T4. En cambio, los plantines convencionales no presentaban la inflorescencia al momento del trasplante. La presencia de botón floral en los plantines puede ser visto como positivo o negativo según distintos enfoques encontrados en bibliografía. Para Leskovar (2001) la presencia de flores indicaría un plantín de baja calidad. Por el contrario, Uzun (2006) afirma que uno de los factores que mayor impacto tienen en el rendimiento de los cultivos es el largo del periodo de tiempo en que la planta se encuentra produciendo ese órgano que deseamos cosechar. En el caso de tomate, si al momento de trasplante el plantín ya cuenta con inflorescencia esto podría resultar en que el periodo productivo sea mayor y por lo tanto mayor sea su rendimiento. Además del rendimiento final, puede estar relacionado a la precocidad, ya que acortar la fase vegetativa puede contribuir a la producción temprana de frutos. En otras especies hortícolas también se observaron diferencias en este aspecto, por ejemplo, en zapallo, se observó que la apertura de flores femeninas se produjo antes en los plantines de mayor edad al trasplante (Gatti, 2010). Estos resultados concuerdan con Nesmith y Duval (1998) quienes confirman que a medida que el sistema radical incrementa su tamaño, el tiempo desde siembra hasta antesis disminuye. En

-

- este ensayo, los tratamientos que mayor sistema radical presentaron al momento del trasplante (T2 y T4) fueron los mismos que contaban con la presencia de botón floral.

Presencia de Cotiledones

En el momento del trasplante, se observó que todos los plantines de los tratamientos T1, T2 y T3 presentaban cotiledones, a diferencia del tratamiento T4 en el cual se constató la ausencia de estos en el 30% de las plantas. La falta de cotiledones es un indicativo de baja calidad en los plantines (Leskovar, 2001).

Clorosis en Hojas

Los plantines obtenidos de los tratamientos T2, T3 y T4 no presentaron síntomas de clorosis. Por el contrario, en el tratamiento T1 se observó que el 66% de las plantas evaluadas sufrían de una leve clorosis. Si bien este parámetro se evaluó a través de una observación directa y por lo tanto subjetiva de la aparición de coloración amarilla en los bordes de las hojas, posteriormente se cuantificó este nivel en la medición colorimétrica (Tabla 6).

Raíz en Espiral

Solamente los plantines correspondientes a T3 (plantín convencional trasplantado en febrero) presentaron raíz espiralada, habiéndose observado en este tratamiento que el 100%

-

- de los plantines presentaron esta morfología en sus raíces. Leskovar (2001) señala esta característica como indicadora de un plantín de baja calidad. Además de esta observación, otras como tallos estrechados, escaso desarrollo radical, clorosis y falta de cotiledones, fueron consideradas como características indicativas de una planta de baja calidad para el trasplante. En este experimento, en ninguno de los tratamientos se encontraron todas estas características a la vez como para ser considerados plantines de mala calidad. Leskovar (2001) reitera que la importancia de la calidad del plantín radica en la influencia que tiene sobre la capacidad de superar el estrés producido por el trasplante. Esto depende de cómo los plantines soporten los cambios estructurales y funcionales de la raíz, de la capacidad de absorción de agua y nutrientes y la capacidad de regenerar nuevas raíces. El objetivo es que el plantín sea capaz de continuar rápidamente su crecimiento radical y disminuir el lapso expuesto al shock de trasplante para retomar su crecimiento vegetativo y así poder alcanzar el potencial máximo de productividad.

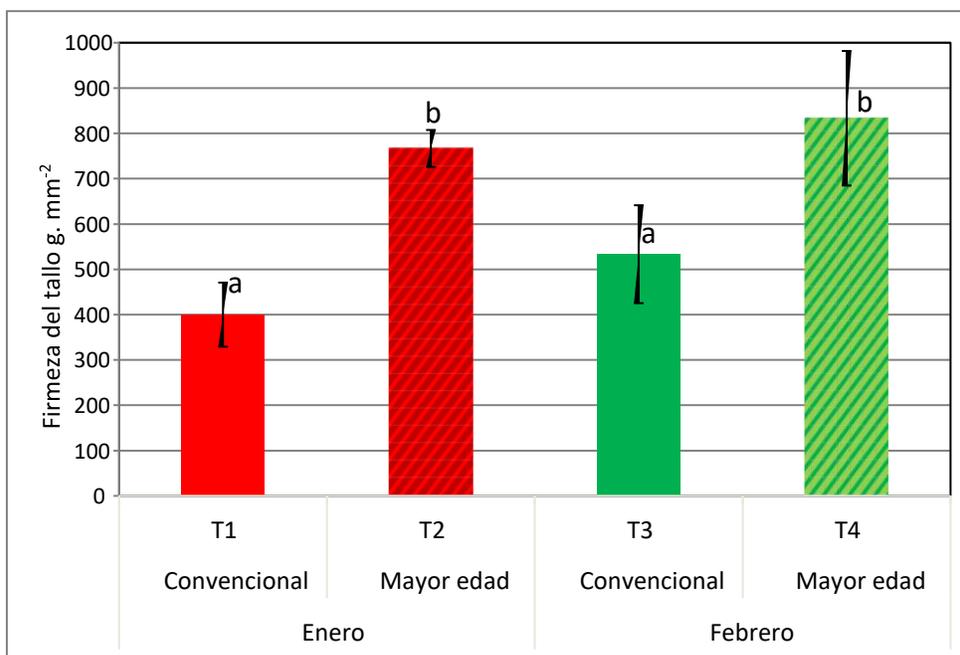
Firmeza del Tallo

La Figura 14, muestra como varió la firmeza de los tallos, siendo los tallos de plantines de mayor edad (T2 y T4) los que resultaron con una firmeza 70% mayor que los convencionales (T1 y T3). Todos los valores registrados se encontraron dentro de los límites establecidos como parámetros biométricos de calidad de plantines (Tabla 2), siendo el tratamiento T1 quien mostró menor firmeza y T4 el valor 52% superior.

-

•
Figura 14

Firmeza del tallo en plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero)



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

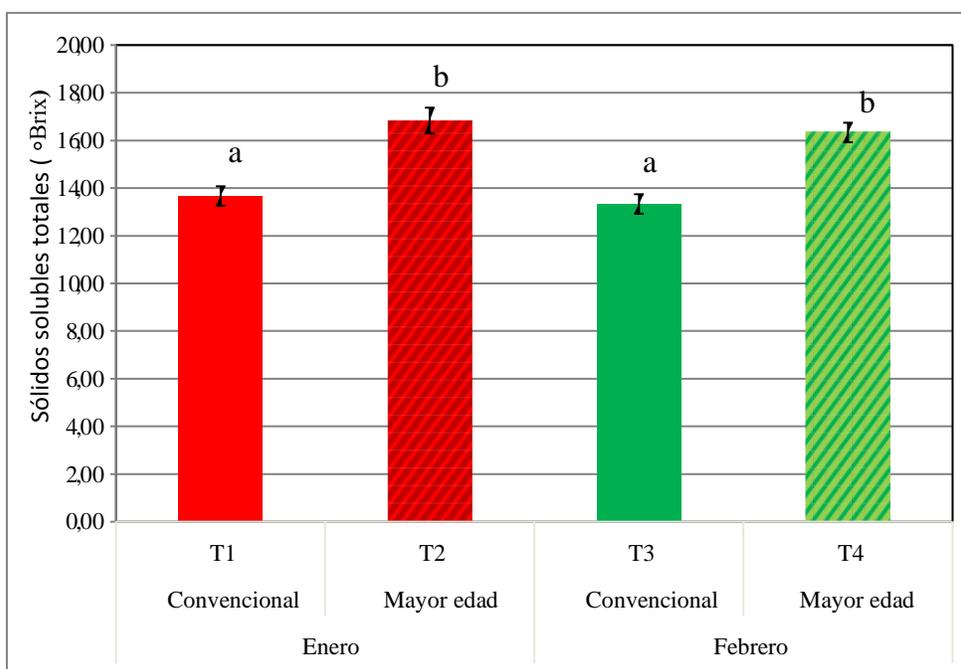
•

•
Sólidos Solubles Totales

En la Figura 15 se puede observar el contenido de sólidos solubles totales medido en los tallos de los plantines.

Figura 15

Contenido de sólidos solubles totales en tallos de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero)



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Los tratamientos que presentaron mayor cantidad de sólidos solubles totales (SST) medidos en el tallo fueron los correspondientes a los plantines de mayor edad (T2 y T4) con 16.83 y 16.33 g de sólidos diluidos por 100 g de dilución total respectivamente, siendo los plantines

•

- convencionales un 20% inferiores con 13.50 promedio de SST. Esto coincide con Vagnoni *et al.* (2014) quienes encontraron un aumento del contenido de sólidos solubles en los tallos de plantines obtenidos en celdas más grandes, lo que implica un mayor contenido de carbohidratos de reserva. Este un mayor contenido es un parámetro importante ya que marca la cantidad de reservas disponibles por los plantines para superar el momento crítico del trasplante. Teniendo en cuenta esto, en este caso, los plantines de mayor edad (T2 y T4) estarían mejor preparados para enfrentar este momento con un mayor contenido de reservas en tallo.

Valor SPAD

Con el objetivo de estimar los valores de nitrógeno y clorofila en hojas, se midió el valor SPAD, cuyos valores se aprecian en la Figura 16. A partir de los mismos y mediante cálculo de correlaciones expresadas a continuación (Mendoza *et. al*, 1998) se llegó a los resultados expuestos en las figuras 17 y 18 expresando los contenidos de clorofila y de porcentaje de nitrógeno estimados.

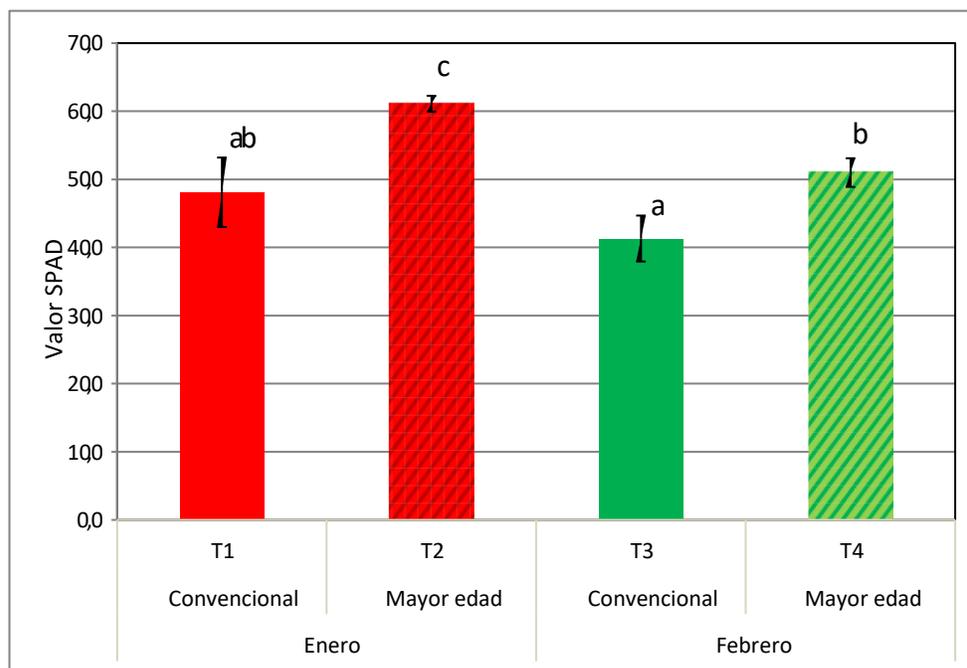
$$\text{Clorofila total (mg.g}^{-1}\text{): (SPAD - 6.7)/15.11}$$

$$\%N: (\text{SPAD}+4.26)/16.51$$

-

•
Figura 16

Valor SPAD en hojas de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero)



Nota .Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Los valores de SPAD medidos en los plantines convencionales (T1 y T3) fueron en promedio un 20% inferior que los plantines de mayor edad (T2 y T4). Al compararlos con los valores indicados como los parámetros biométricos de calidad (Tabla 2) se observa que ambos plantines convencionales están dentro de los valores medio y máximo, en cambio los plantines de mayor edad sobrepasaron el límite superior. El valor SPAD indicado en bibliografía como óptimo se encuentra entre 31.3 y 48.2 con un valor promedio de 41. En el

•

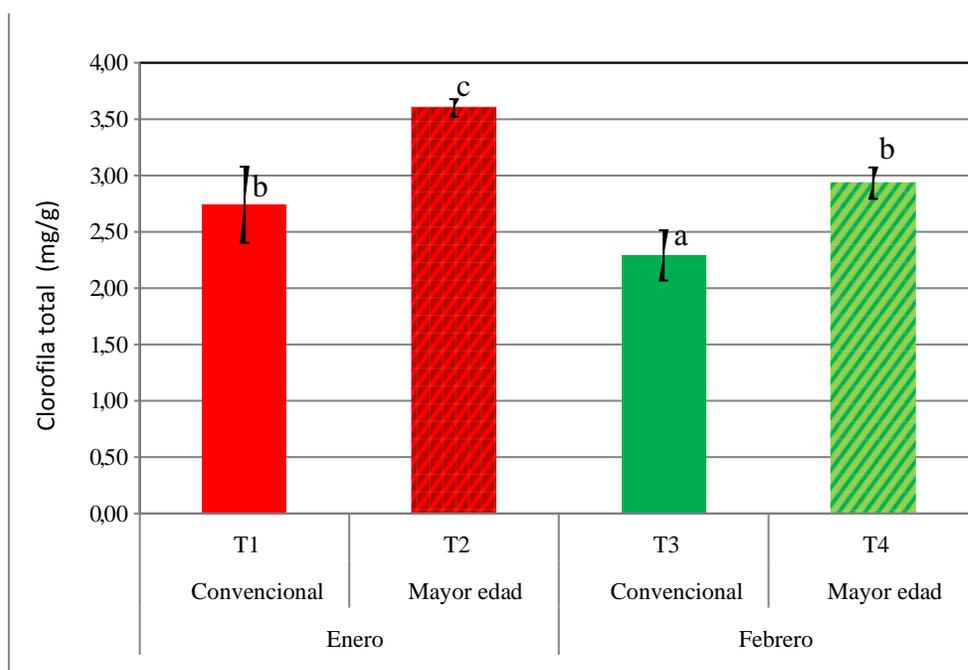
- caso de los plantines convencionales se encontraron dentro de este rango y los plantines de mayor edad fuera del mismo, excediendo en promedio en 14% el valor máximo superior.

Contenido de Clorofila Estimado

El contenido de clorofila total ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) estimado a partir del valor registrado SPAD se muestra en la Figura 17.

Figura 17

Contenido de clorofila total en hojas de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero)



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

-

-

El contenido de clorofila estimado fue mayor para los plantines de mayor edad en ambas fechas de trasplante mientras que los plantines convencionales (T1 y T3) contenían en promedio un 23% menos de clorofila. El único tratamiento que presentó superioridad estadísticamente significativa fue T2. Valores dentro de un rango similar encontraron Mendoza *et al.* (1998) en plantas de tomate al estimar clorofila a diferentes días desde trasplante; máximo contenido a los 46 DDT (3.26 mg/g planta) y mínimo a los 90 DDT (2.50 mg/g planta). En cuanto a la relación de contenido de clorofila y tamaño de celda de los plantines, en este caso los mayores valores se registraron en los volúmenes de contenedor superiores, contrariamente a lo expresado por Vagnoni *et al.* (2014) quienes establecían que los plantines obtenidos en celdas de menor volumen presentaban un aumento en el contenido de clorofila, posiblemente debido a que la alta densidad de plantas por bandeja lleva a un sombreadamiento que induciría a un incremento en el contenido de clorofila debido a la compensación de la planta a la menor cantidad de radiación disponible.(Taiz *et al.*, 2017) A pesar de que el contenido de clorofila podría atribuirse a muchos factores los mayores niveles de clorofila durante el crecimiento normalmente están asociados con la capacidad fotosintética de la planta y su concentración proporciona información sobre vigor, productividad y calidad ambiental (Carter y Spiering, 2002).

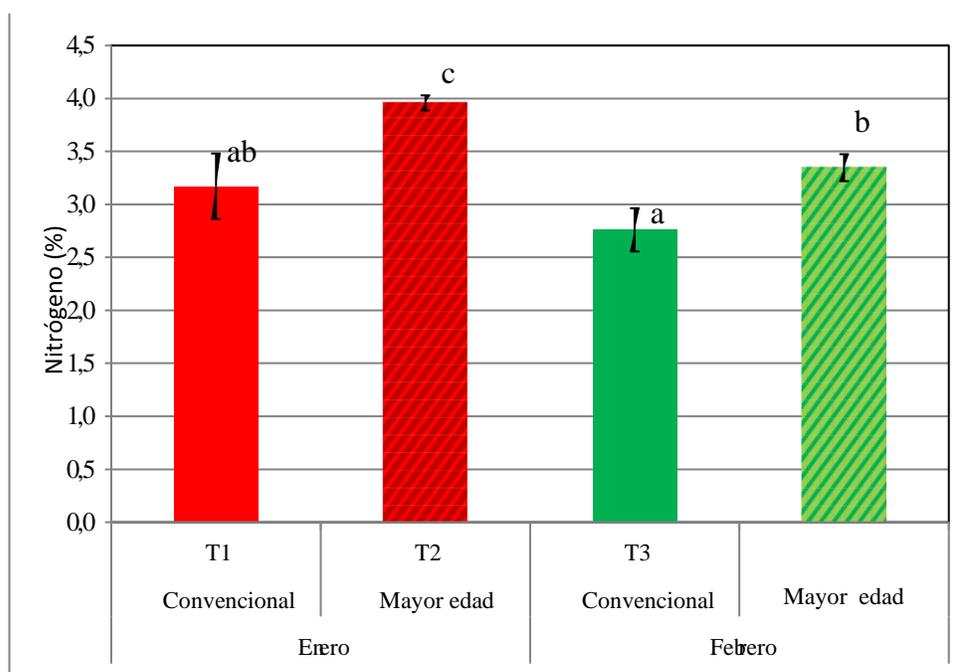
-

•
Porcentaje estimado de Nitrógeno en Hojas

La Figura 18 muestra los porcentajes de nitrógeno en hoja estimados a partir del valor SPAD para los plantines de los distintos tratamientos.

Figura 18

Porcentaje de nitrógeno en hojas de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero)



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Los plantines convencionales presentaron en promedio un 21% menos nitrógeno total que los plantines de mayor edad al momento de trasplante (Figura 18). De igual manera que lo

•

- observado con el contenido de clorofila, en el caso de nitrógeno el tratamiento que presentó valores superiores fue T2 (3.96%), siendo un 15% mayor que los plantines de mayor edad trasplantados en febrero (T4) y 26 % mayor que los plantines convencionales (T1 y T3). Leskovar (2020) menciona que sometidos a un régimen de bajo nitrógeno durante su crecimiento los plantines resultan de menor altura y más compactos. Esto coincide con los resultados de este ensayo ya que los plantines con menor contenido de nitrógeno en hojas (T1 y T3) también fueron los de menor altura (Figura 3) y menor distancia entre la primera y tercera hoja (Figura 6) indicando un porte más compacto.

Colorimetría

En la Tabla 6 se pueden observar las distintas variables de color que fueron medidas en las hojas verdaderas de los plantines de cada tratamiento.

-

•
Tabla 6

Variables de color medidas en plantines de tomate cv. Elpida de dos edades al trasplante

Tratamiento		L	C	°h	a	B
Enero	Convencional T1	49.73 b	26.52 b	125.58 a	-12.08 b	19.44 c
	Mayor edad T2	36.00 a	15.56 a	131.9 b	-7.55 a	7.65 a
Febrero	Convencional T3	47.15 b	25.55 bc	126.76 a	-14.87 c	16.10 b
	Mayor edad T4	37.64 a	22.98 c	130.42 b	-14.50 c	17.85 bc

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

El parámetro L (claridad) fue significativamente diferente para los dos tamaños de plantín, los de menor edad (plantines convencionales; T1 y T3) presentaron un mayor valor en comparación con los plantines de mayor edad (T2 y T4) que fueron en promedio un 30% menos luminosos. El parámetro croma (c) o saturación también presentó diferencias significativas, pero no respondieron al tamaño de plantín. El plantín convencional trasplantado en enero (T1) fue el que presentó mayor saturación de color, seguido por los plantines trasplantados en febrero (T3 y T4) y último el plantín de mayor edad trasplantado en enero (T2). Se observó una diferencia significativa en el valor del tono (°h) entre los distintos tamaños de plantín. Los tamaños convencionales T1 y T3, trasplantados en enero y febrero, respectivamente, presentaron valores menos púrpuras que el resto de los plantines,

•

- los cuales mostraron tonalidades más azul-verdosas debido a sus mayores valores de $^{\circ}h$. Todos los tratamientos se encontraron dentro del rango de valores de 90° - 180° , lo que indica tonalidades de amarillo-verde. Sin embargo, T1 y T3 estuvieron más cercanos al amarillo que T2 y T4. Además, se encontró una diferencia significativa en el parámetro "a" entre los diferentes tratamientos. Todos los valores fueron negativos al tratarse de color verde pero los plantines trasplantados en febrero (T3 y T4) fueron un 50% más intensos en su verdor que los trasplantados en enero (T1 y T2). En cuanto a "b" que expresa el nivel de azul / amarillo, fue significativamente diferente para todos los tratamientos, siendo los plantines convencionales trasplantados en enero (T1) los de mayor valor y por lo tanto más amarillentos. Estos resultados se corresponden con lo observado en el 66% de plantines que presentaron síntomas leves de clorosis.

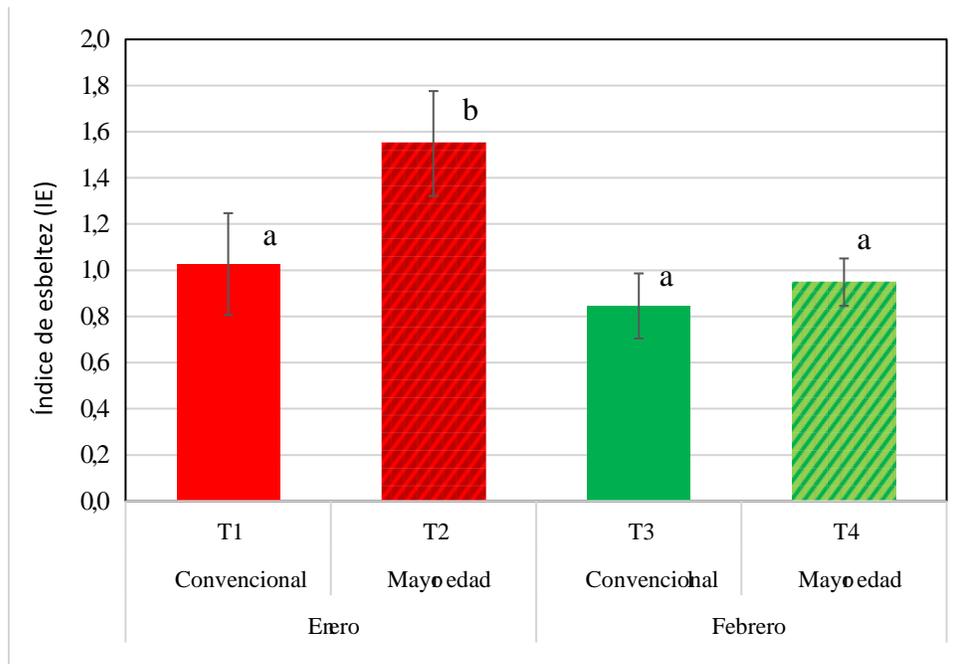
-

•
Índice de Esbeltez de Schmidt – Vogt

A partir de las mediciones de diámetro de tallo y altura del plantín se calculó el Índice de esbeltez cuyos resultados se ven en la Figura 19.

Figura 19

Índice de esbeltez de plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades al trasplante (Enero y Febrero)



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Al analizar los resultados del índice de esbeltez (IE), se observa que los plantines con valores significativamente superiores fueron los de mayor edad trasplantados en enero (T2). Ya que este índice relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética, es

•

- recomendable que los valores sean altos (mayores a uno), lo que indica una planta más robusta y con menor probabilidad de daño físico por la acción del viento, sequía o heladas en el sitio de plantación (Luna, 2019). El resto de los tratamientos no difirieron estadísticamente en sus valores de IE y presentaron índices cercanos a uno, compatibles con plantas robustas, con menores probabilidades de sufrir daños físicos por agentes abióticos encontrándose en el rango de valores con los que Carbone *et al.* (2017) obtuvieron buen comportamiento posterior al trasplante con plantines de tomate.

Conclusiones

A través de la medición de parámetros biométricos de los plantines, del cálculo de diversos indicadores como relación parte aérea: raíz, tiempo térmico acumulado, estimación del contenido de nitrógeno y clorofila en hojas, así como del registro del número de hojas verdaderas y características asociadas a la calidad (presencia o ausencia de cotiledones, raíz en espiral, clorosis), se pudo lograr el objetivo general que buscaba evaluar la calidad de los plantines de tomate de distinta edad en dos fechas de trasplante en un invernadero del cinturón hortícola platense. Los resultados indicaron que los plantines de mayor edad (T2 y T4) comparados con los de edad convencional (T1 y T3) fueron trasplantados con las siguientes características:

- mayor altura total
- mayor firmeza de tallo
- diámetro de tallo superior

-

- - mayor contenido de sólidos solubles totales en tallo

También se diferenciaron de los plantines convencionales en el mayor número de hojas verdaderas totalmente expandidas en las cuales fueron superiores los valores estimados de:

- nitrógeno
- clorofila total

Además, presentaron:

- mayor porcentaje de parte aérea con respecto a la raíz
- mayor porcentaje de peso fresco tanto aéreo como radical
- mayor volumen de raíz
- mayor área foliar total por planta

Analizando la colorimetría, de manera general se puede concluir que

- los plantines convencionales trasplantados en ambas fechas (T1 y T3) presentaron mayor luminosidad y saturación en sus hojas que los plantines de mayor edad
- Los de mayor edad trasplantados en ambas fechas (T2 y T4) presentaron un color más azul verdoso y menos amarillentas que los convencionales.

En cuanto a los parámetros biométricos encontrados en bibliografía, los plantines convencionales (T1 y T3) de este ensayo cumplieron parcialmente con dichos estándares de calidad. Por un lado, evaluando la altura de planta, estos tratamientos se encontraron dentro de los límites. En cuanto al número de hojas verdaderas, también estuvieron dentro de los

•

- límites mencionados en bibliografía, aunque que con valores más cercanos al límite inferior. En cuanto a los plantines de mayor edad (T2 y T4) también cumplieron parcialmente los estándares de calidad establecidos por los parámetros biométricos, encontrándose dentro del rango en firmeza de tallo, ausencia de raíz en espiral, presencia de botón floral y de cotiledones. En todos los demás parámetros, los plantines de mayor edad se encontraron por encima del límite superior. Es de suma importancia aclarar que los estándares planteados en los parámetros biométricos de bibliografía fueron establecidos para plantines de edad y tamaño convencional, con lo cual es entendible que muchos de los valores encontrados en este ensayo no se encuentren representados en dicha tabla.

Con los resultados obtenidos en este capítulo se acepta la hipótesis que establecía que la calidad de los plantines de tomate es modificada por la edad y el momento de trasplante. Se obtuvo diferencia en: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar por planta, distancia 1^o-3^o hoja, pesos frescos aéreo y radical, porcentaje de materia seca radical, relación PA:Rz, volumen de raíz, presencia de botón floral, sólidos solubles en tallo, porcentaje de nitrógeno estimado en hoja, contenido de clorofila, índice de esbeltez y el tiempo térmico acumulado desde la siembra al trasplante.

-

•

Capítulo 3

Estrés Oxidativo

al

Momento de Trasplante

•

•

Introducción

Existen mecanismos fisiológicos, morfológicos y bioquímicos mediante los cuales las plantas pueden actuar en situaciones de estrés por altas temperaturas. Las plantas poseen un sistema antioxidante integral compuesto de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos para eliminar de manera oportuna y eficiente las ROS producidas a través del metabolismo aeróbico (Baxter *et al.*, 2014). La acumulación de osmolitos compatibles (retención de agua), regulación estomática y mayor tasa fotosintética son mecanismos fisiológicos que la planta ejerce ante estas situaciones. Morfológicamente la planta puede afrontar el estrés mediante la reducción del tamaño celular, cierre de estomas, aumento de la densidad de estomas y tricomas, y mayores vasos de xilema. El mecanismo bioquímico consiste en un aumento de proteínas relacionadas con actividad antioxidante en las células de las plantas. La función de los antioxidantes es la de eliminar las ROS, esto a su vez reduce la fotooxidación y mantiene la integridad de la membrana del cloroplasto. Para combatir a las ROS, las plantas utilizan componentes enzimáticos con un gran poder reductor como superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa y catalasa (Navarro, 2014).

•

-

Objetivo General

Evaluar el estrés oxidativo de plantines de tomate para producción tardía de diferente edad desarrollados bajo distintos regímenes térmicos para dos fechas de trasplante.

Objetivos Específicos

- Estimar el daño oxidativo en la membrana celular de plantines de tomate de diferentes edades mediante la cuantificación de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS).
- Cuantificar la actividad de las enzimas antioxidantes catalasa, guayacol peroxidasa y superóxido dismutasa en plantines de tomate de diferentes edades.

Hipótesis

La edad de los plantines de tomate y las condiciones ambientales durante su desarrollo afectan la calidad del plantín, lo que influye en su capacidad de resistir y recuperarse del estrés oxidativo al momento del trasplante.

Predicción

La actividad de las enzimas antioxidantes varía en función de la edad del plantín de tomate y las condiciones ambientales, lo que sugiere una respuesta adaptativa de las plantas al estrés oxidativo

-

-

Materiales y Métodos

Tratamientos

En el Capítulo 2 se describió en detalle el material vegetal utilizado, fechas de siembra y de trasplante y manejo de cultivo. Los tratamientos utilizados son los mismos que los descritos en el Capítulo 2 (Tabla3). El manejo durante la producción de los plantines se realizó teniendo en cuenta las técnicas habituales de cultivo. Al momento del trasplante se reservaron cuatro plantines de cada tratamiento sin ser trasplantadas al suelo del invernadero, para evitar tener que extraerlas y dañar sus raíces. Al día siguiente (05/01/2018 para T1 y T2 y 10/02/2018 para T3 y T4) se colocaron en conservadoras junto con hielo seco y se llevaron al laboratorio del Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas y Ambientales-INBA-FAUBA) donde fueron evaluadas. El diseño estadístico fue completamente aleatorizado, tomando 4 plantas por tratamiento como unidad experimental (UE). Los resultados se analizaron con el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011) a través de un ANOVA (análisis de la varianza) y test de comparación de medias Tukey con un nivel de significancia de 5%.

Determinaciones en Laboratorio

Se obtuvieron dos muestras de los foliólulos de las hojas de cada planta resultando en total ocho repeticiones (muestras) por tratamiento. Las mismas fueron pesadas en balanza de precisión y separadas en 0.3 g para el análisis de enzimas y 0.2 g para cuantificación de Tbars. Luego se colocaron en bolsas transparentes cerradas herméticamente y fueron

-

- conservadas en contenedor con hielo para preservar la muestra. A partir de las muestras se prepararon reactivos con los cuales se determinó Tbars (prueba del ácido tiobarbitúrico), actividad enzimática y la cantidad de proteína.

Sustancias Reactivas al Ácido Tiobarbitúrico (TBARS). Siguiendo el protocolo de Heath y Packer (1968) las muestras frescas se homogeneizaron en solución de ácido tricloroacético al 20% (p/v) y se centrifugaron a 3500×g durante 20 min. A una alícuota del sobrenadante (1 ml) se le adicionaron 1 mL de solución de ácido tricloroacético al 20% (p/v) conteniendo 0.5% (p/v) de ácido tiobarbitúrico y 100 µL de hidroxitolueno butilado al 4% en etanol. La mezcla se calentó a 95°C durante 30 min en baño maría y se enfrió en hielo. Posteriormente se centrifugó a 10000×g durante 15 min y se determinó la absorbancia a 532 nm. La concentración de TBARS se calculará utilizando el coeficiente de extinción molar de 155 mM⁻¹ cm⁻¹.

Actividad para las Enzimas Antioxidantes y Cantidad de Proteína. Los tejidos vegetales se homogeneizaron en relación 1:10 (p/v) en una solución tampón fosfato 50 mM (pH 7.4) adicionada con ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) 1 mM, 0.5% (v/v) de Tritón X100 y 1 g de PVP. La actividad de CAT se determinó espectrofotométricamente siguiendo la disminución de la absorbancia a 240 nm en una mezcla de reacción con solución tampón fosfato (pH 7.2) y H₂O₂ 2 mM. Se calculó el contenido de CAT en pmol mg⁻¹ de proteína utilizando la constante $k = 4.7 \times 10^{-7} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (Chance y Boveris, 1979). La actividad de SOD se evaluó por inhibición de la reducción fotoquímica del NBT (Becana, 1986). La mezcla de reacción consistió en 50-150 µl de extracto y 3.5 ml de una solución

-

- generadora de anión superóxido (O_2^-) que llevaba 14.3 mM de metionina, 82.5 μ M de NBT y 2.2 μ M de riboflavina. La reacción se llevó a cabo bajo luz blanca durante 10 min y la reducción del NBT se evaluó espectrofotométricamente a 560 nm. La actividad guayacol peroxidasa se determinó espectrofotométricamente; se midió la descomposición del peróxido de hidrógeno utilizando guayacol como agente donador de hidrógeno. La concentración proteica de las muestras se evaluó por el método de Bradford (Bradford, 1976), utilizando seroalbúmina bovina como estándar.

Resultados y Discusión

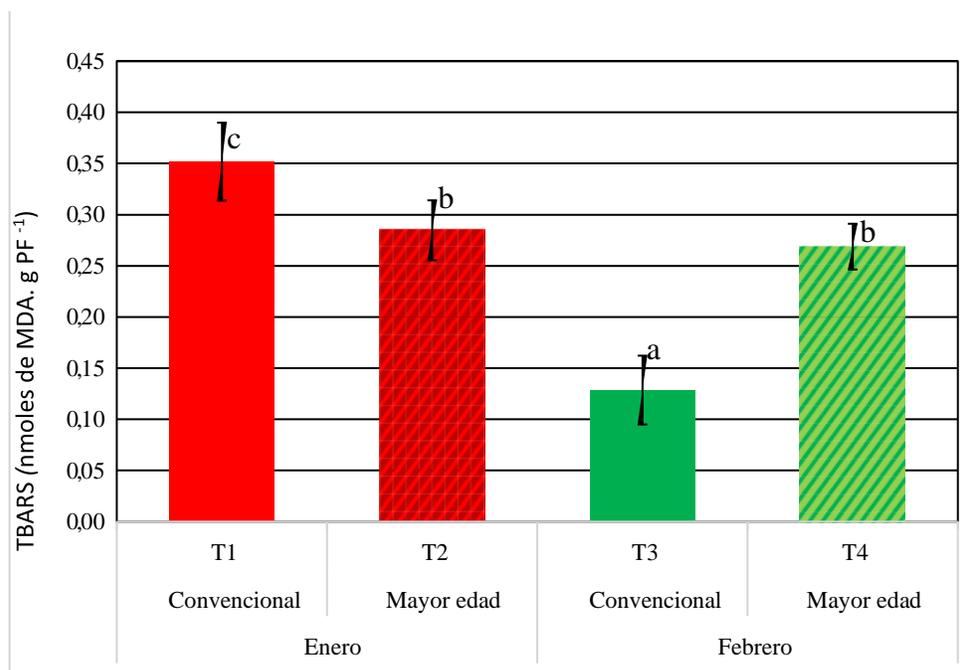
Ácido tiobarbitúrico (TBARS)

Al cuantificar el nivel de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico se halló que el tratamiento donde se obtuvo mayores niveles fue el plantín convencional trasplantado en enero (T1) mientras que el menor fue el convencional trasplantado en febrero (T3). Teniendo en cuenta el promedio de los niveles de Tbars en plantines de mayor edad (T2 y T4) fueron aproximadamente 13% inferiores a los de edad convencional (T1 y T3) (Figura 20). Estos resultados sugieren que los plantines que sufrieron mayor peroxidación de los lípidos de la membrana fueron los trasplantados en enero y a edad convencional, lo cual significa un nivel superior de daño en la estructura celular.

-

•
Figura 20

Comparación del nivel de estrés oxidativo TBARS en muestras frescas de hojas de tomate cv. Elpida de distinta edad trasplantados en diferentes fechas (Enero y Febrero).



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Actividad catalasa (CAT)

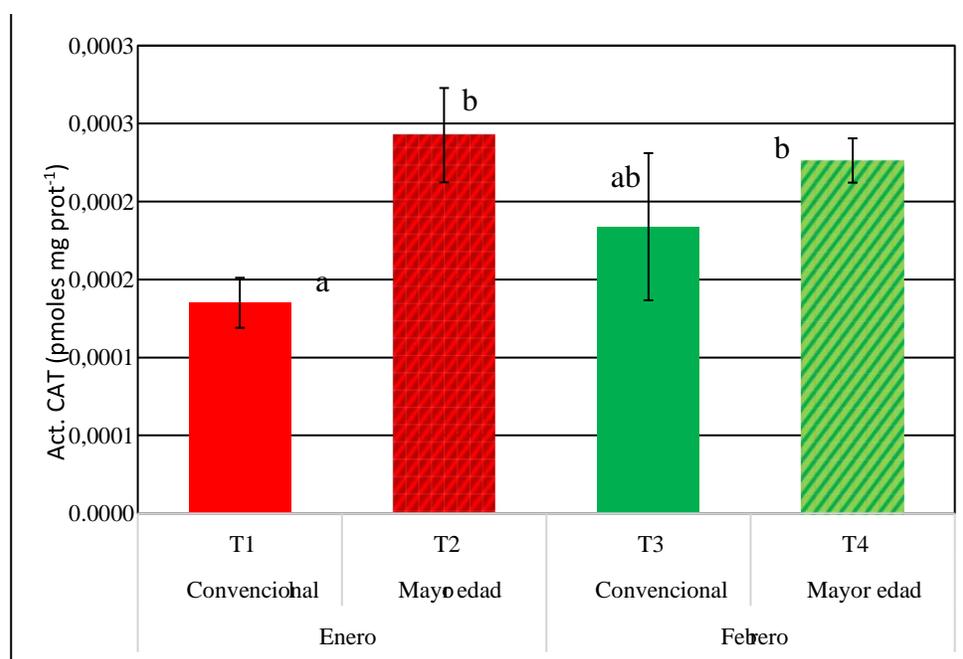
La actividad de la enzima catalasa presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) (Figura 21). Los plantines convencionales trasplantados en enero (T1) fueron los que menor actividad registraron, mientras que los trasplantados en la misma fecha, pero con mayor edad (T2) mostraron la mayor actividad lo que estaría indicando que estos

•

•
 presentaron una mayor actividad de la enzima catalasa siendo en promedio 32% superior que los plantines convencionales. La actividad de la enzima en los tratamientos T2, T3 y T4 fue similar sin diferencias significativas.

Figura 21

Comparación de la actividad de catalasa en muestras frescas de hojas de tomate cv. Elpida de distintas edades en diferentes momentos de trasplante (Enero y Febrero.)



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

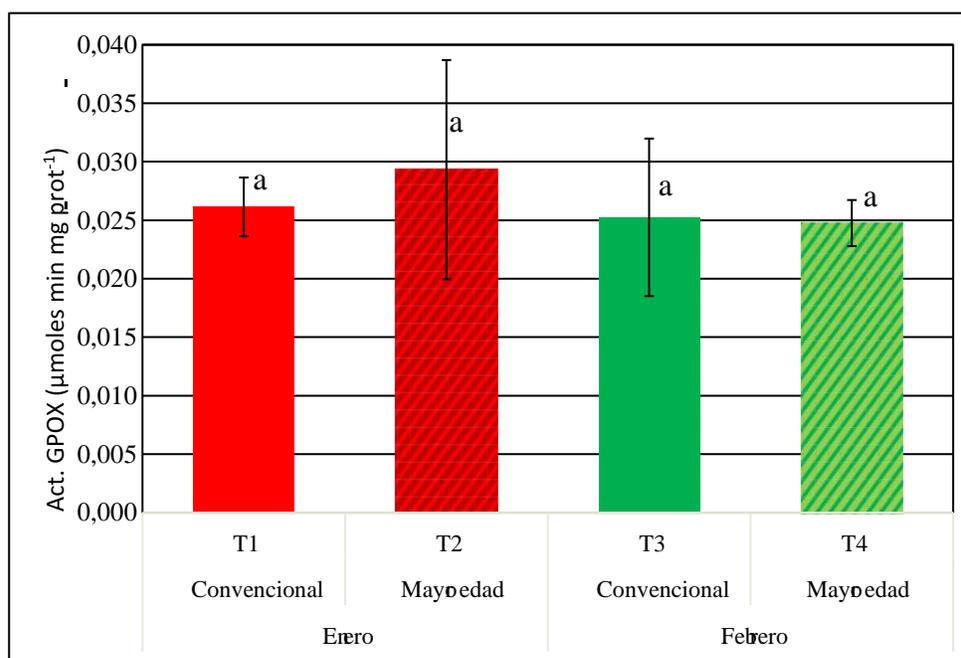
•

Actividad de guayacol peroxidasa (GPOX)

Los resultados de laboratorio indicaron que los niveles de actividad de la enzima antioxidante guayacol peroxidasa fueron similares para todos los tratamientos. Si bien los plantines trasplantados en enero fueron levemente superiores en la actividad de esta enzima, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas bajo las condiciones del ensayo.

Figura 22

Comparación de la actividad de guaiacol peroxidasa en muestras frescas de hojas de tomate cv. Elpida de distintas edades en diferentes momentos de trasplante (Enero y Febrero).



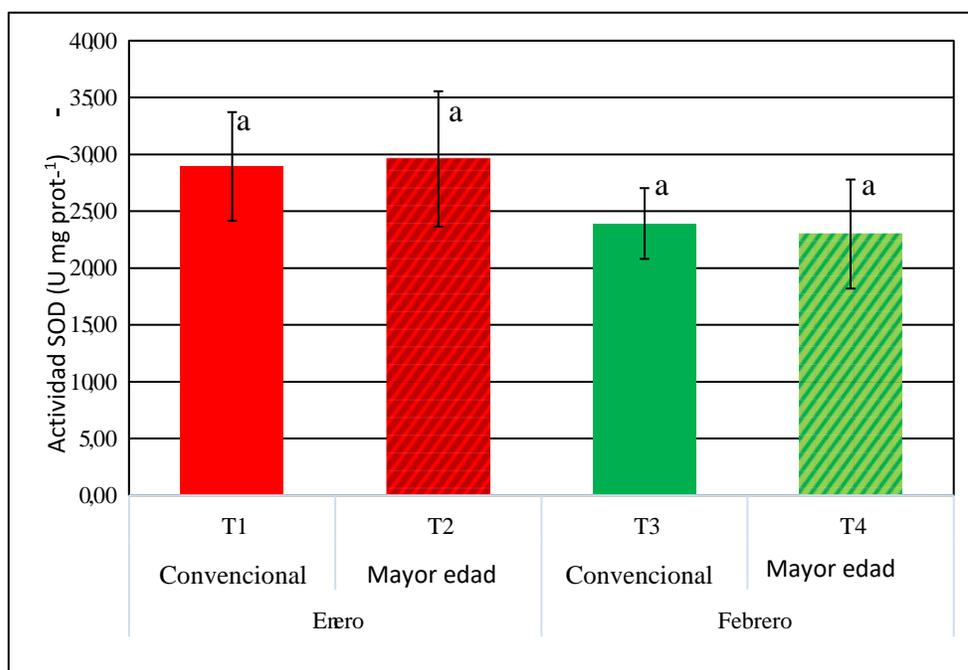
Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

•
Actividad superóxido dismutasa (SOD)

Al igual que lo observado en la enzima GPox, la actividad de SOD no fue estadísticamente diferente entre los tratamientos, aunque hubo una tendencia del orden del 20% superior en los tratamientos correspondientes a los plantines trasplantados en enero

Figura 23

Comparación de la actividad de superóxido dismutasa en muestras frescas de hojas de tomate cv. Elpida de distintas edades en diferentes momentos de trasplante (Enero y Febrero).



Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

•

-

En la figura 20 se presenta la relación entre la edad de los plantines y el daño oxidativo en función del momento de trasplante (enero o febrero). Se observó que, independientemente de la edad de los plantines, aquellos trasplantados en enero sufrieron mayor daño oxidativo que los trasplantados en febrero, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

En cuanto a la actividad de las enzimas antioxidantes, se encontró que los tratamientos no tuvieron un efecto significativo sobre la actividad de Gpox y SOD, mientras que la actividad CAT mostró diferencias significativas. Específicamente, los plantines de mayor edad (T2 y T4) presentaron una mayor actividad CAT. Además, los niveles de Tbars indican que los plantines convencionales trasplantados en enero (T1) evidenciaron el mayor nivel de daño en la membrana. Estos resultados sugieren que los plantines de mayor edad generaron mayor cantidad de ROS, lo que causó un incremento en la actividad del sistema antioxidante enzimático (Gpox, SOD y CAT). Este resultado coincide con estudios anteriores que demostraron que la actividad de la enzima CAT aumenta en situaciones de estrés inducido por factores abióticos. Sin embargo, a diferencia de lo observado por Cho y Park (2000), en este estudio no se observó una disminución en el contenido de clorofila como resultado del daño del tejido celular por peroxidación lipídica. Aunque se esperaba una correlación entre los niveles de Tbars y el contenido de clorofila, no se encontró una disminución en el contenido de clorofila en los plantines con mayor nivel de daño de membrana (mayor valor de Tbars), es decir T1 y T2 (ver Figura 17 en el capítulo 2). En general, estos resultados sugieren que la actividad de las enzimas antioxidantes es un indicador útil para evaluar el

-

- estado de estrés oxidativo en las plantas. Ahammed *et al.* (2016) observaron que el estrés por alta temperatura (40°C) aumentó la actividad de SOD y CAT en un 280%, 173% respectivamente en plantas de tomate en comparación con las condiciones de temperatura normales (25°C-22°C día/noche). Sin embargo, las diferencias en actividad de SOD no fueron estadísticamente significativas, coincidiendo con los resultados de este ensayo. Cho y Park (2000) también evaluaron el efecto del estrés inducido por factores abióticos sobre la actividad de las enzimas CAT, SOD y GPox. Al igual que en el presente ensayo, la actividad CAT aumentó marcadamente al exponer a los plantines a un factor estresante.

Conclusiones

En conclusión, se puede inferir que los plantines de mayor edad, con tasas más altas de fotosíntesis y respiración, generaron una mayor cantidad de ROS, lo que resultó en un aumento en la actividad del sistema antioxidante enzimático (GPox, SOD y CAT). Aunque los plantines convencionales trasplantados en enero (T1) mostraron niveles de estrés más elevados, esto podría atribuirse a la insuficiente actividad de la catalasa para garantizar su eliminación. El principal factor abiótico que causó estrés oxidativo fue la alta temperatura, tanto durante el desarrollo de los plantines en la plantinera como en el momento del trasplante al invernadero. Los resultados obtenidos al analizar las enzimas relacionadas con el estrés oxidativo y medir el daño en la membrana respaldan la hipótesis planteada en este capítulo, ya que se observaron diferentes respuestas en el estado de estrés de los plantines en

-

- los diferentes tratamientos al momento del trasplante, siendo significativa únicamente en la actividad de CAT y en los valores de TBARS.

-

•

Capítulo 4

Fenología de Cultivo

•

Introducción

El tomate es una planta de clima cálido cuyo ciclo normal se desarrolla en primavera – verano, para cubrirlo requiere una integral térmica comprendida entre 3000 y 4000 grados días acumulados (GDA) (Frezza, 2018). La temperatura óptima para la germinación se encuentra entre 20 y 25 °C. La capacidad de germinar a temperaturas más bajas (8.5 a 12 °C) o muy elevadas (35 a 37 °C) dependen del cultivar. La temperatura también tiene un efecto importante durante el crecimiento vegetativo. Como se puede observar en la Tabla 7, el tomate requiere entre 18 °C y 27 °C durante el día y 15 °C a 18 °C durante la noche para el crecimiento y floración (Martinez *et al.*, 2018).

Tabla 7

Temperaturas para distintas fases del cultivo de tomate (Frezza, 2018)

	Temperatura °C
Se hiela a	2
Germinación mínima	10
Germinación óptima	25 a 30
Germinación máxima	35
Desarrollo diurno	18 a 21
Desarrollo nocturno	15 a 18
Floración diurna	23 a 26
Floración nocturna	15 a 18
Maduración frutos	15 a 22

- La precocidad está influida por diversos factores. En esta especie la diferenciación floral ocurre dentro de las tres semanas posteriores a la expansión de los cotiledones, por lo que las condiciones ambientales después de la emergencia pueden afectar el momento de iniciación de la primera inflorescencia y el estadio de crecimiento en el cual se produce. Las temperaturas de 10 a 13 °C reducen el número de nudos hasta la primera inflorescencia y aumenta el número de flores de la misma. Las temperaturas recibidas por la parte aérea durante el periodo sensible de formación de flores del primer racimo determinan la posición de la primera inflorescencia (Martínez, *et al.*, 2008).

El conocimiento de la fenología de un cultivo es importante para su manejo correcto, así como para interpretar cambios debidos a factores bioclimáticos (Del C Moreno Pérez *et al.*, 2011), mientras que el índice térmico, denominado “grados día” o “tiempo térmico” representa un factor importante en el desarrollo biológico de las plantas, dado que permite estimar la energía calórica disponible durante la estación de cultivo y puede aplicarse exitosamente para predecir su crecimiento, con el fin de implementar prácticas de manejo y estimar fechas de cosecha con una variabilidad menor que cuando los cálculos se basan en la cantidad de días (Almaguer Sierra *et al.*, 2014). En trabajos realizados en tomate en La Plata, considerando una temperatura base de 10°C, se ha observado que, independientemente de las condiciones de cultivo, la tasa de aparición de inflorescencias responde linealmente a los días desde el trasplante y a la acumulación calórica ocurrida durante ese período. El rendimiento de un cultivo está determinado por la tasa y la duración del periodo de crecimiento, en

-

- tomate puede medirse a través de la tasa de aparición de inflorescencias, parámetro que presenta una elevada correlación con la temperatura (Garbi *et al.*, 2006).

Objetivo General

Determinar el impacto que la edad del plantín y el momento del trasplante ejercen sobre diversos parámetros de crecimiento, así como el efecto que las condiciones ambientales tienen sobre su expresión.

Objetivos Específicos

- Determinar parámetros morfológicos en planta de tomate.
- Estimar área foliar.
- Registrar la temperatura y humedad relativa en el invernadero.
- Calcular la suma térmica desde el trasplante hasta el fin de cosecha.

Hipótesis

La edad y fecha de trasplante de plantas de tomate en un sistema de cultivo bajo cubierta en el cinturón hortícola platense influye en la fenología y la respuesta del cultivo, incluyendo su calidad y desarrollo posterior.

Predicción

Los parámetros medidos, estimados y calculados en los distintos tratamientos difieren significativamente en función de la edad del plantín al trasplante y la fecha del mismo.

-

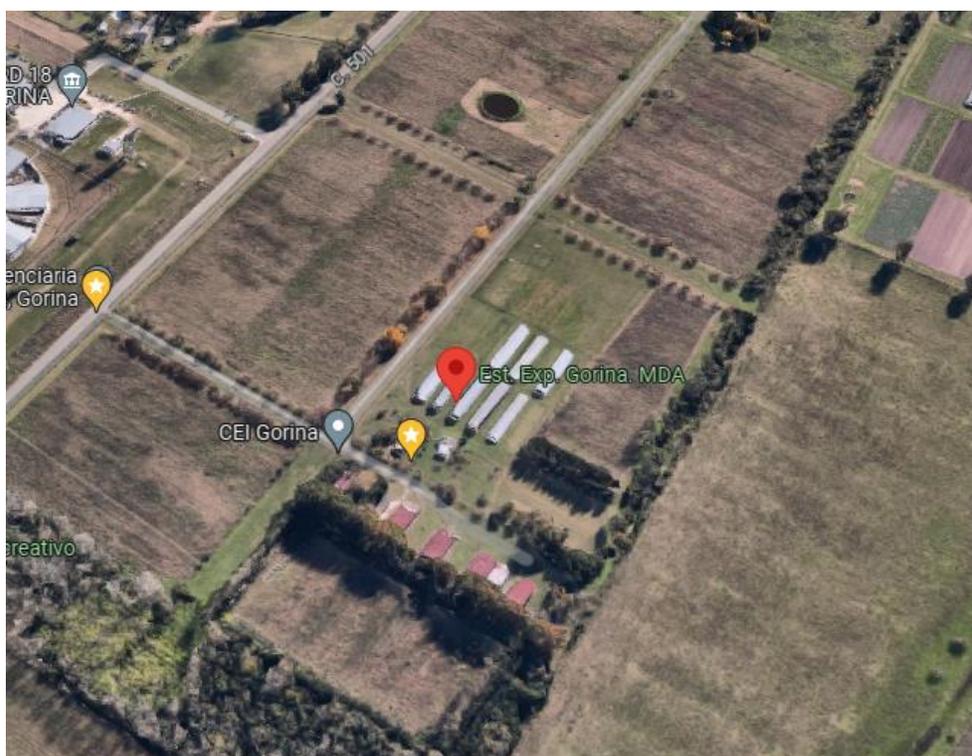
- **Materiales y Métodos**

Localización

Como fue detallado en el capítulo 2, el ensayo se realizó en la Estación Experimental Gorina, Ubicado en Calle 501 y 149, a 55 km de la ciudad autónoma de Buenos Aires (CABA), entre las coordenadas 34° 09' Latitud Sur y 58° 04' Longitud Oeste.

Figura 24

Vista satelital de la ubicación de La Estación Experimental Gorina.



Nota. Disponible en

<https://www.google.com.ar/maps/place/Est.+Exp.+Gorina.+MDA/@34.9206785,58.0413394,718a,35y,39.25t/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x95a2dd0827dc5c79:0x8f24d6b7a817435b!8m2!3d-34.9155028!4d-58.0392115!16s%2Fg%2F11cs4jjs87>

-

-

El trasplante se efectuó en un invernadero metálico de 320 m² (8 m de ancho y 40 m de largo) con techo parabólico cubierto con film de polietileno térmico de 150 micrones.

Material Vegetal

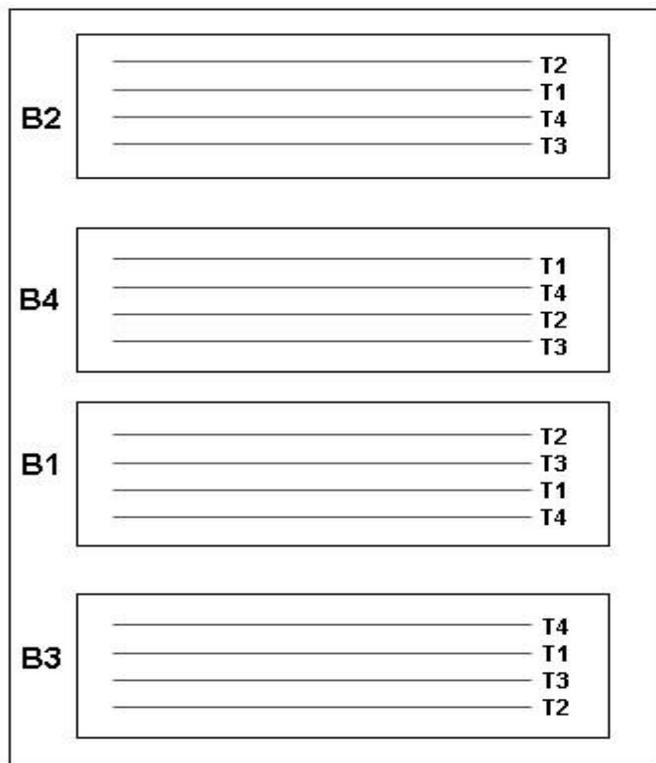
Se utilizó un tomate para consumo en fresco cultivar “Elpida” (ENZA ZADEN). Este tomate es un híbrido de hábito de crecimiento indeterminado, constante y vigoroso, con frutos uniformes, semi redondos, aplanados, de color rojo vivo y con un peso promedio de los mismos de 200-260 g, ampliamente adaptado a muchos tipos de cultivo y climas, de bajo mantenimiento y alto rendimiento. Presenta resistencia a virus (Virus del Mosaico del tomate), hongos (Verticilium, Fusarium oxisporum y radici, Oidio) y nemátodos (Meloidogyne arenaria (Ma), Meloidogyne incógnita (Mi), Meloidogyne javanica (Mj).

El esquema de obtención de los plantines utilizados en este ensayo se explicó en el Capítulo 2. Se evaluaron dos factores (fecha de trasplante y edad de plantín) ambos con dos niveles. Se obtuvieron cuatro tratamientos (Tabla 3).

-

•
Figura 25

Croquis de la distribución espacial de los tratamientos en el invernadero.



Los tratamientos se distribuyeron de acuerdo con un diseño en bloques completamente aleatorizados con cuatro bloques de 100 plantas cada uno con 25 plantas por tratamiento. La unidad experimental estuvo compuesta por 3 plantas por tratamiento para los muestreos de seguimiento de parámetros fenológicos². Cada línea de cultivo fue cubierta con acolchado plástico negro de 17 micrones previo al trasplante. El marco de plantación fue de 0.30 m de distancia entre plantas y 0.9 m entre líneas. La densidad de plantas fue de 3.5 plantas.m⁻². Se condujo a un tallo. El riego fue realizado con cintas de goteo (distancia de 10 cm entre

•

- goteros y caudal de 1 litro. hora⁻¹). Se realizaron las prácticas culturales típicas de producciones comerciales de la zona.

Registro de Parámetros Agroclimáticos durante el Ciclo de Cultivo.

Durante el crecimiento del cultivo en el invernadero, se registró temperatura y humedad relativa a través de dataloggers (WatchDog A150 Temp/RH Logger) a intervalo de una hora y colocado a 1.5 m desde el nivel del suelo. Con estos valores se calculó la suma térmica o grados-día acumulados en cada etapa del cultivo. Se calculó por el método residual de Brown (Brown, 1975), según la fórmula:

$$GD = 0.5 (T. \text{máx.} + T. \text{mín.}) - T_b$$

Dónde: GD: grados-día; T. máx.: temperatura máxima; T. mín.: temperatura mínima T_b:

temperatura base del cultivo. La temperatura base considerada fue de 10°C.

-

-

Medición de Parámetros de Crecimiento y Desarrollo

A lo largo del ciclo se registraron parámetros fenológicos de crecimiento y desarrollo a un intervalo de 10 días. Las mediciones realizadas:

- Altura total de planta (cm): se midió desde la base de la planta hasta el meristemo apical con una cinta métrica.
- Diámetro de tallo (mm): se midió a la altura del entrenudo de la tercera y cuarta hoja con un calibre digital.
- Número de hojas totalmente expandidas.
- Largo y ancho (cm) de la quinta hoja totalmente expandida con cinta métrica para estimar área foliar por planta.
- Estimación del contenido de nitrógeno a través de la fórmula:

$$N (\%) = (SPAD+4.26) /16.51 \text{ (Mendoza et al, 1998).}$$

- Número de hojas a primera inflorescencia.
- Número de inflorescencias y fecha de aparición de estas; utilizando como criterio para definir el momento cuando al menos el 20% de las plantas evidenciaran este evento.
- Frutos por inflorescencia.

-

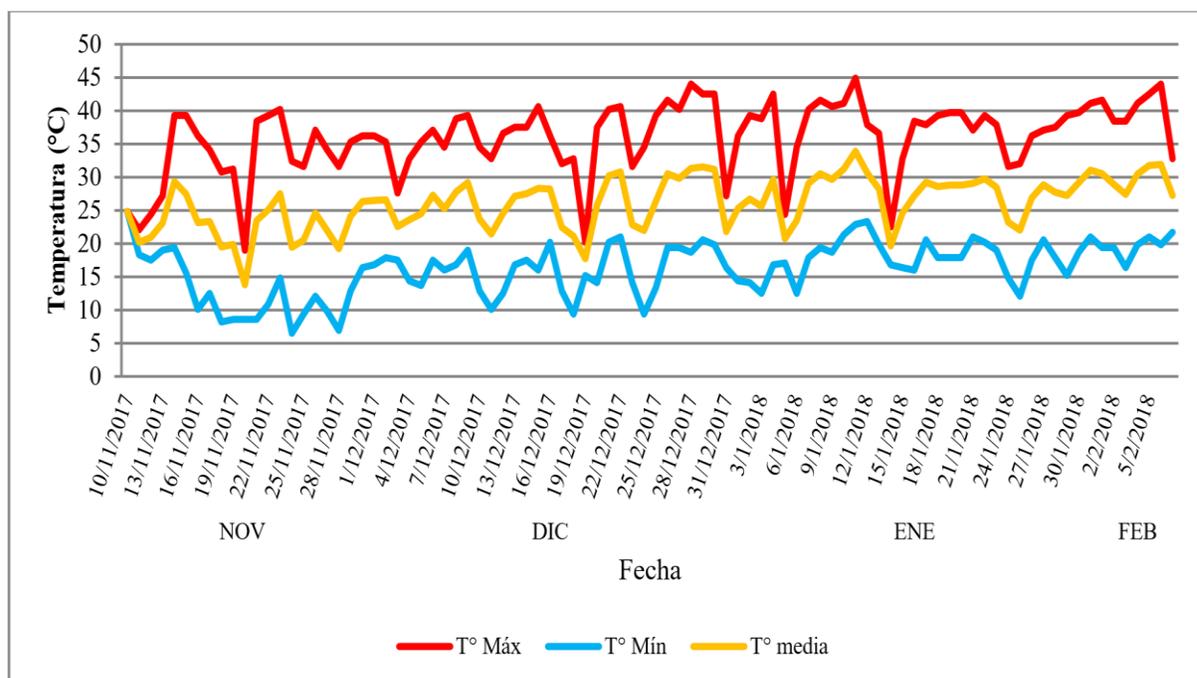
Resultados y Discusión

Condiciones Agroclimáticas durante el Crecimiento de los Plantines.

Durante el desarrollo de los plantines la temperatura media diaria en promedio de los meses fue para noviembre: 22.8 °C; diciembre: 26°C; enero 27.6°C y febrero: 29.8°C. En la Figura 26 se puede ver la evolución diaria de las temperaturas mínimas y máximas absolutas y temperatura media.

Figura 26

Evolución de temperaturas máxima, mínima y media diaria durante el crecimiento de los plantines de tomate cv. Elpida.



-

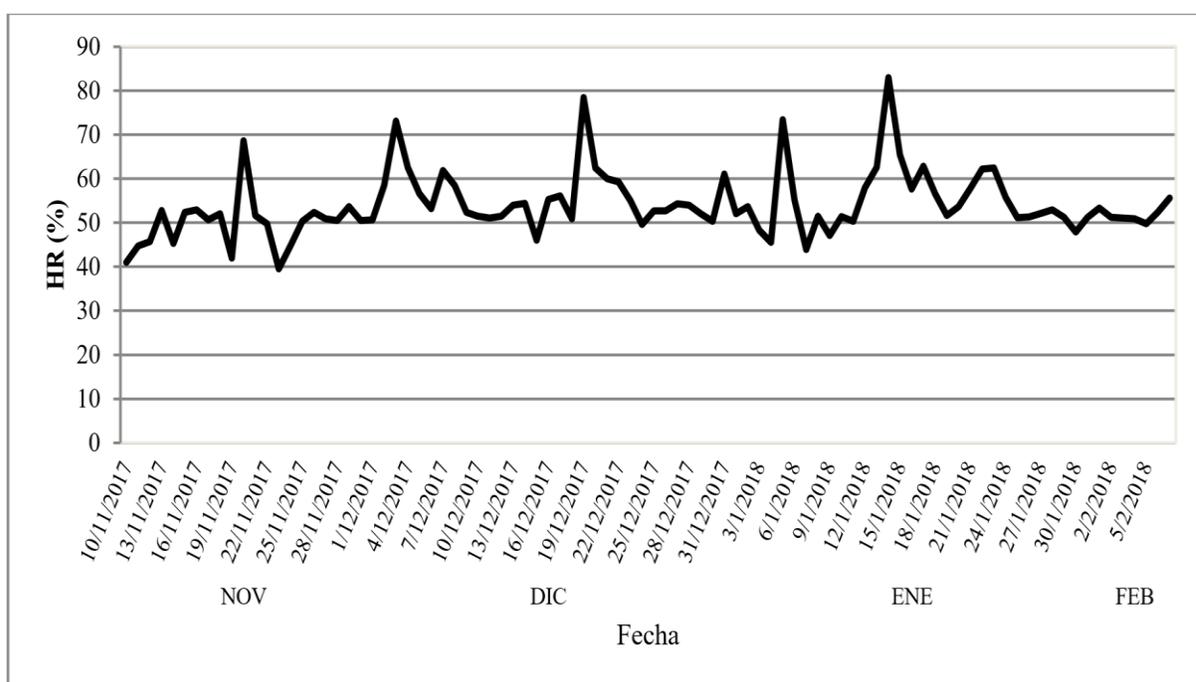
La temperatura media durante el sub periodo siembra – trasplante fue 26.8 °C para T1; 25.2 °C para T2; 28.7°C para T3 y 27.8°C para T4. Estos valores se encontraron dentro del rango óptimo indicado en bibliografía (Tabla 8) para la etapa germinación (25 a 30 ° C). Teniendo en cuenta las fechas de siembra y de trasplante de cada tratamiento, y registrando los picos máximos de temperaturas mayores a 40°C, los plantines del tratamiento T4 estuvieron expuestos a 11 eventos de esta característica, seguido por T2, T1 y T3 con 8, 7 y 3 respectivamente. Los meses de diciembre y enero fueron los que presentaron cerca del 80% de estas temperaturas extremas. En el caso de los plantines de los tratamientos T1 y T2, debido a su fecha de siembra fueron sometidos a picos de temperatura mínima por debajo de los 10° C. El 60% de las bajas temperaturas se registraron en los meses de noviembre y 40% en diciembre. Los plantines sometidos a bajas temperaturas pueden tener un menor flujo de agua por el sistema radical y perder turgencia en las hojas (Leskovar, 2001).

-

• En cuanto a la humedad relativa los valores promedio en cada mes fueron los siguientes: noviembre: 50%, diciembre: 56%, enero: 55 % y febrero: 52%. En la Figura 27 se observa la evolución diaria de la humedad relativa durante el crecimiento de los plantines.

Figura 27

Evolución de la humedad relativa (%) en plantinera comercial durante el crecimiento de los plantines de tomate cv. Elpida de diferentes edades.

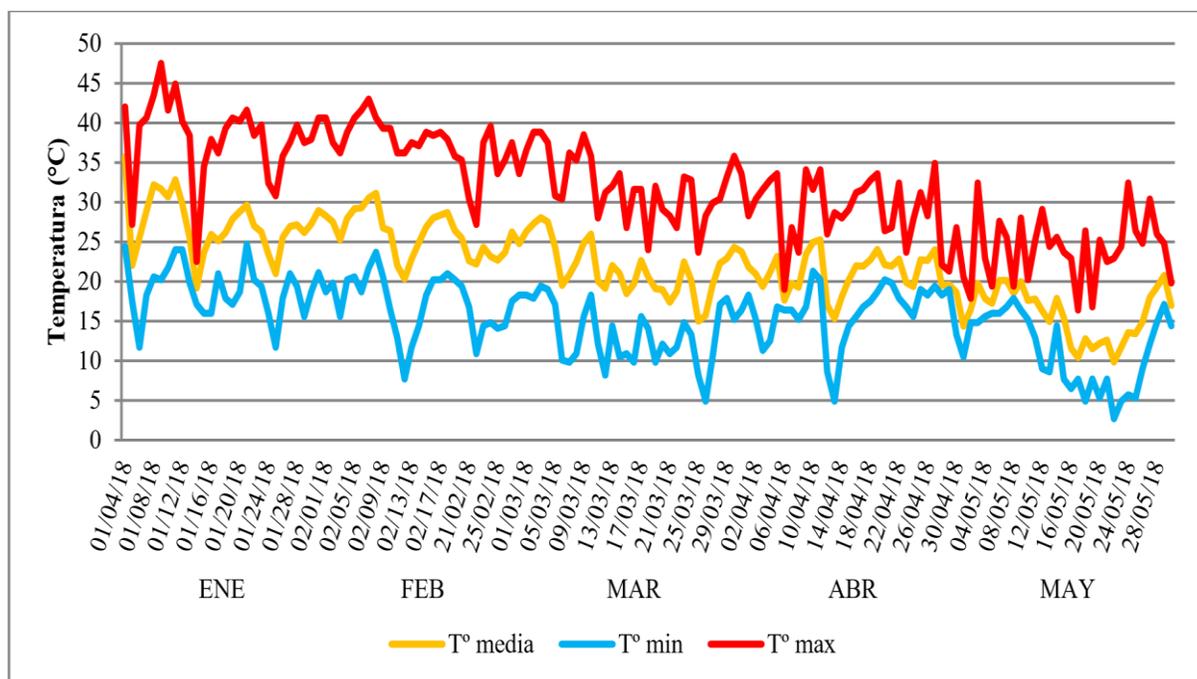


•
Condiciones Agroclimáticas durante el Ciclo del Cultivo en Invernadero

Durante el desarrollo de las plantas en invernadero la temperatura media diaria en promedio de los meses fue enero: 29 °C; febrero: 27 °C; marzo 23°C, abril 22°C y mayo 18 °C. En la Figura 28 se muestra la evolución diaria de las temperaturas mínimas y máximas absolutas y temperatura media.

Figura 28

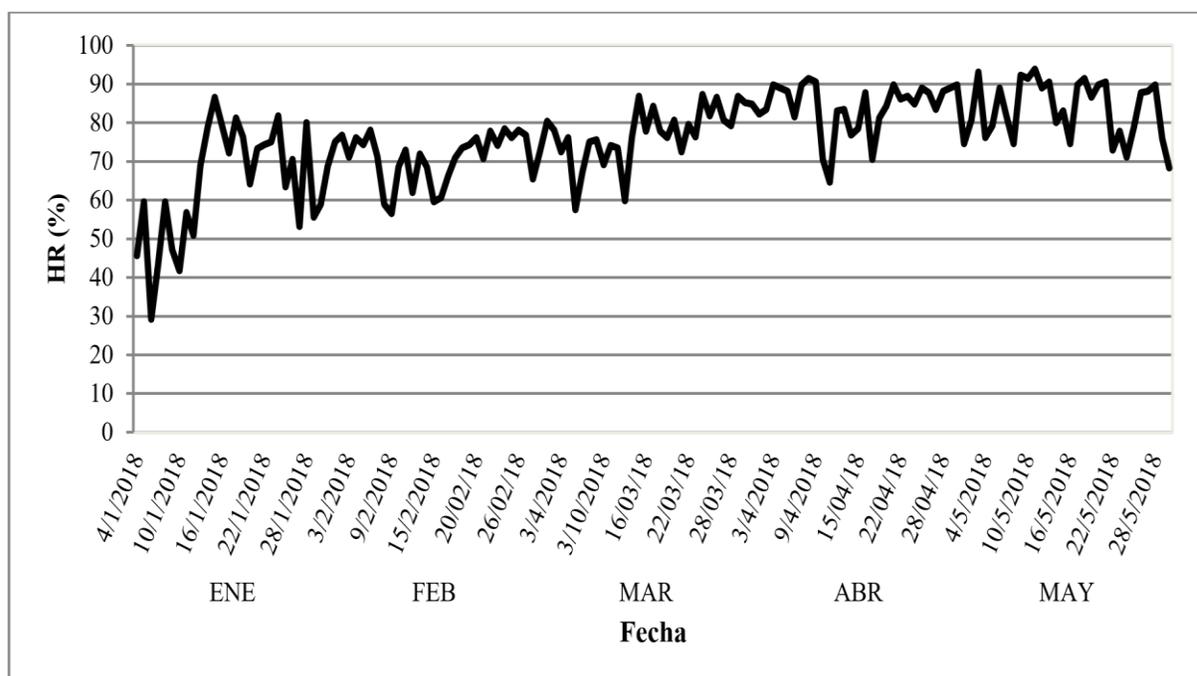
Evolución de temperatura máxima, mínima y media diaria en invernadero durante el crecimiento del cultivo de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).



• En cuanto a la humedad relativa los valores promedio en cada mes fueron los siguientes: enero: 51%, febrero: 53%, marzo: 59 %, abril: 75% y mayo: 76%. La evolución diaria de la humedad relativa a lo largo del ciclo del cultivo se ve representada en la Figura 29.

Figura 29

Evolución de la humedad relativa (%) en invernadero durante el crecimiento del cultivo de tomate de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).



•
Temperaturas Diarias y Nocturnas en Invernadero

En la Tabla 8 se detallan las temperaturas mínimas, medias y máximas tanto diurnas como nocturnas en el invernadero a lo largo del ciclo de cultivo.

Tabla 8

Temperaturas (°C) en invernadero desde trasplante a inicio de cosecha de tomate cv. Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).

Tratamientos			Diurnas			Nocturnas		
			Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima
Enero	Convencional	(T1)	19	30	39	12	21	28
	Mayor edad	(T2)	19	31	39	12	21	28
Febrero	Convencional	(T3)	18	26	33	9	18	25
	Mayor edad	(T4)	21	28	33	12	19	25

Los tratamientos T2 y T4 al momento de trasplante ya se encontraban en floración, con lo cual la temperatura optima indicada en bibliografía para este momento es alrededor de 23 -26 ° C durante el día y 15 -18 ° C durante la noche, siendo las temperaturas registradas para T4 las más cercanas a este rango. En el caso de T1 tanto las temperaturas diurnas como las nocturnas se encontraron por encima del rango óptimo y T3 con valores de temperatura media cercanas al máximo indicado en bibliografía, tanto de día como de noche.

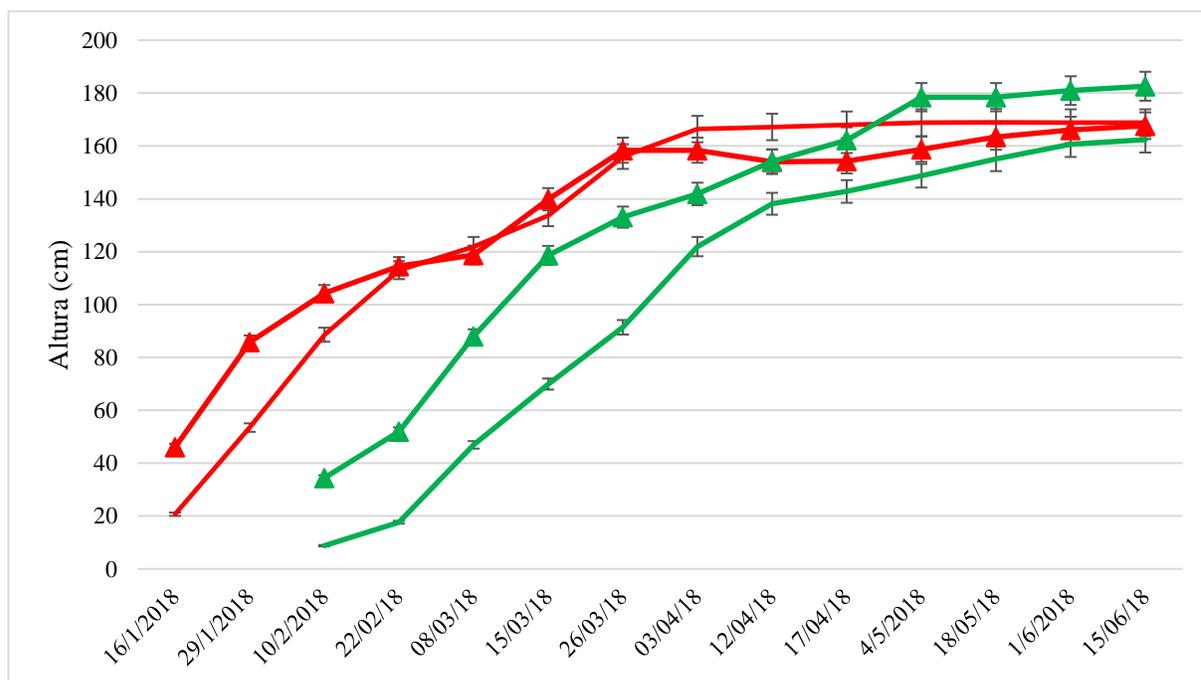
•

•
Altura de Planta

En la Figura 30 se representa la evolución de la altura de plantas en el cultivo a lo largo del ciclo.

Figura 30

Evolución de la altura desde trasplante hasta fin de cosecha en plantas de tomate cv. Elpida trasplantadas a invernadero en enero y febrero con dos edades (Convencional y Mayor edad).



Durante las primeras seis fechas de muestreo los plantines trasplantados en enero presentaron mayor altura que los trasplantados en febrero. Al analizar por separado las distintas edades (convencional y mayor edad) dentro de la misma fecha, los plantines de mayor edad T2 y T4

•

- fueron superiores a los convencionales, en el caso de febrero esta superioridad se mantuvo durante todo el ciclo. Esta tendencia se invirtió en el trasplante de enero cuando se alcanzó aproximadamente 60% de los muestreos, siendo los plantines convencionales de mayor altura. Teniendo en cuenta que los plantines de mayor edad fueron obtenidos en contenedores con celdas de mayor volumen, estos resultados coinciden con diversos autores como Oagile *et al.*, (2016) quienes encontraron diferencias significativas en la altura de plantas provenientes de celdas de mayor tamaño, aunque en ese caso las diferencias fueron significativas a partir de la cuarta semana y bajo las condiciones de este ensayo desde el inicio ya son evidentes las alturas superiores a favor de los de mayor edad. Al finalizar el ciclo del cultivo, T4 alcanzó una altura 10% mayor al promedio de los tratamientos T1, T2 y T3.

Incremento Relativo en Altura

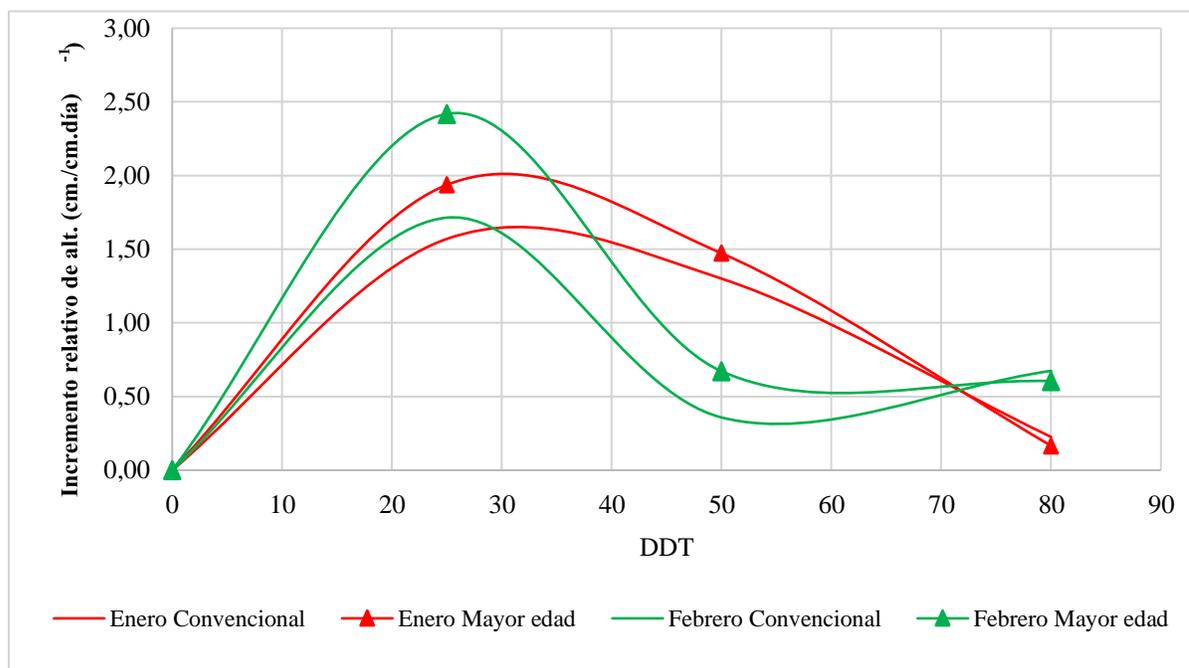
A partir del registro de altura de planta se calculó el incremento relativo en altura en función de los días transcurridos desde el trasplante, y como puede observarse en la Figura 31 los plantines de mayor edad superaron a los convencionales en una etapa inicial desde el trasplante hasta los 25 días. A partir de ese momento la tasa relativa de los plantines trasplantados en febrero (T3 y T4) comienza a disminuir mientras que los plantines trasplantados en enero (T1 y T2) mantienen tasas relativas superiores hasta casi la finalización del ensayo. Un incremento relativo superior y creciente una vez establecido en lugar definitivo y en la primera etapa del cultivo puede ser asociado a plantas que fueron

-

- capaces de tolerar el estrés o “shock” de trasplante. Como señala Leskovar (2001) al estudiar la producción y eco fisiología del trasplante hortícola, la calidad de los plantines al trasplante está directamente relacionada con la capacidad de reiniciar rápidamente su crecimiento. En el caso del presente ensayo al inicio de la etapa de cultivo se observa que los tratamientos provenientes de plantines de mayor edad tienen un incremento relativo de altura mayor que los de plantines convencionales, pudiendo relacionar entonces la mayor edad con mayor calidad en términos de capacidad de tolerar el shock del trasplante y de continuar rápidamente su crecimiento vegetativo.

Figura 31

Incremento relativo de la altura de plantas de tomate cv. Elpida en invernadero trasplantados a distinta edad (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero)



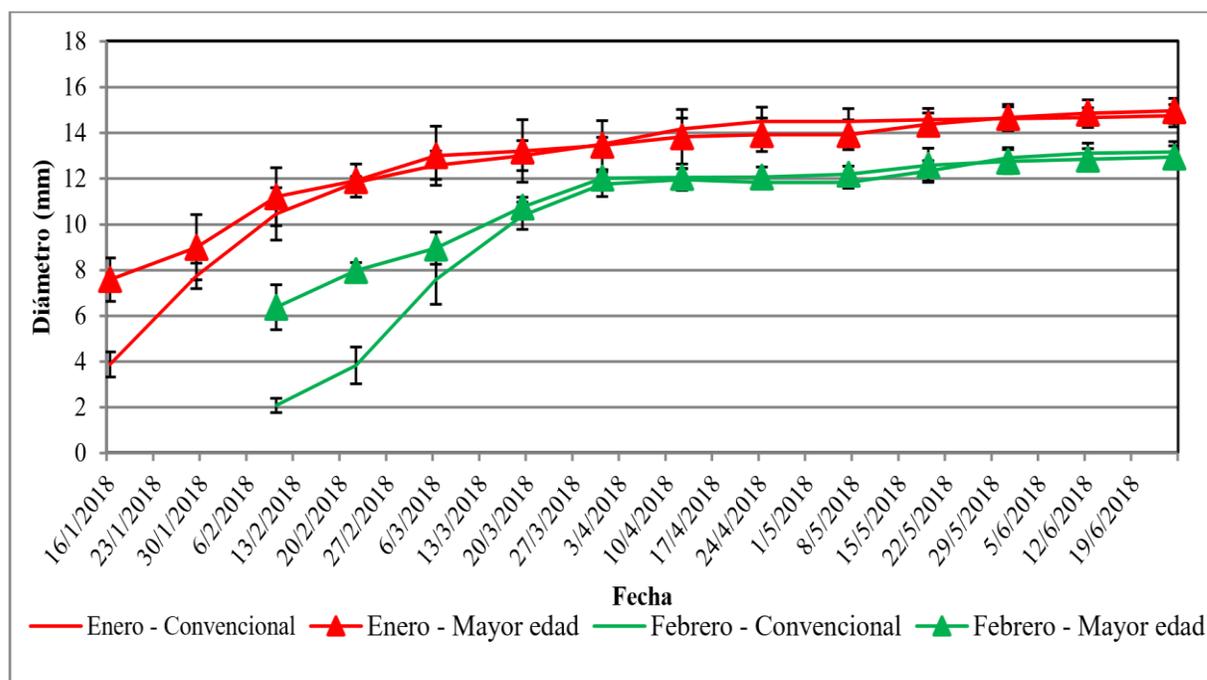
-

•
Diámetro de Tallo

El diámetro del tallo mostró una superioridad en los tratamientos T1 y T2 (trasplantados en enero) sobre T3 y T4 (trasplantados en febrero) y a diferencia de los otros parámetros como altura y área foliar, esta superioridad se mantuvo durante todo el ciclo a lo largo de todos los muestreos (Figura 32).

Figura 32

Evolución del diámetro de tallo de plantas de tomate cv. Elpida en invernadero trasplantadas a distinta edad (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero).



- Al analizar individualmente por fecha de trasplante, dentro de cada subgrupo (enero y febrero) las plantas que partieron de plantines de mayor edad (T2 y T4) fueron superiores a los convencionales (T1 y T3). Sin embargo, a partir del cuarto muestreo aproximadamente se igualan y ya no presentan diferencias significativas en función de la edad del plantín trasplantado. Cabe recordar, que cada tratamiento partió de plantines con diámetros significativamente diferentes (Capítulo 2), siendo los de mayor edad los que mayores valores presentaron. En esta evolución se obtuvo que en ambas fechas de trasplante los plantines de mayor edad fueron inicialmente 50% y 70% superiores con respecto a los de convencionales si bien esta diferencia luego disminuye alcanzando diámetros indiferenciables en cada fecha de trasplante (enero superior a febrero).

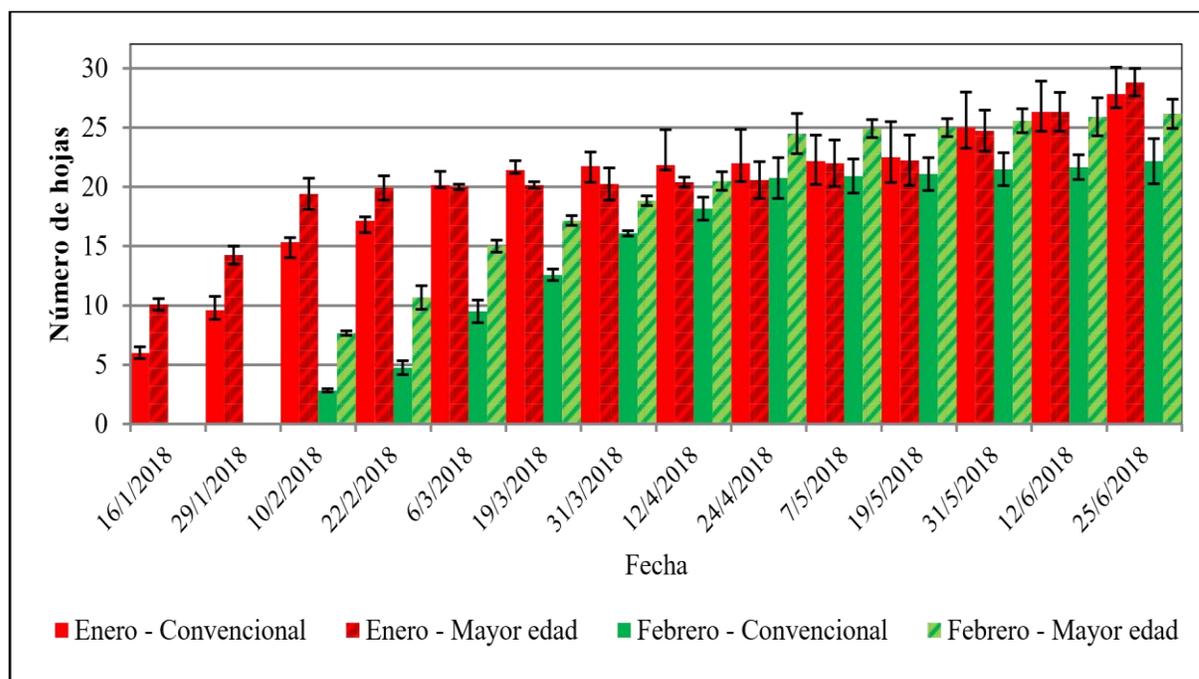
-

•
Número de Hojas por Planta

En la Figura 33 se puede observar la evolución en el número de hojas por planta a lo largo del ciclo de cultivo.

Figura 33

Evolución del número de hojas totalmente expandidas en plantas de tomate cv. Elpida trasplantadas a distinta edad (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero) durante el ciclo de cultivo.



Al analizar el número de hojas registrado a lo largo del cultivo, observamos que excepción de dos fechas de muestreo, durante todo el ciclo los tratamientos trasplantados en enero generaron mayor cantidad de hojas que los tratamientos trasplantados en febrero. Por otro

•

- lado, los tratamientos que fueron trasplantados con mayor edad (T2 y T4) tuvieron diferente comportamiento en ambas fechas; los trasplantados en enero (T2) mantuvieron la superioridad solo en el 30% del ciclo, luego siendo superados por los tratamientos que partieron de plantines de edad convencional (T1). En cambio, los trasplantados en febrero (T4) mantuvieron la diferencia en todo el ciclo, siempre superando en número de hojas a los tratamientos de edad convencional (T3).

Área foliar por planta

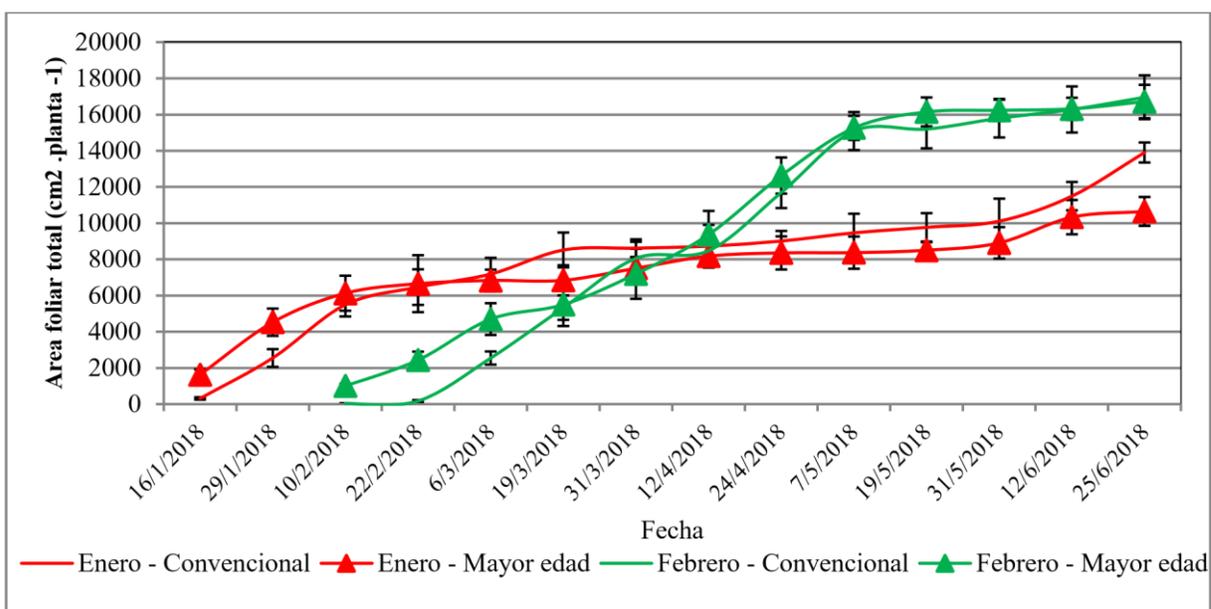
Al igual que en la altura de planta, durante las primeras ocho fechas de muestreo los plantines trasplantados en enero presentaron mayor área foliar por planta que los trasplantados en febrero. (Figura 34)

Cuando se analiza por separado las distintas edades (convencional y mayor edad) dentro de la misma fecha, los plantines de mayor edad T2 y T4 fueron superiores a los convencionales. En el caso de febrero esta superioridad se nota solamente hasta alcanzar el 30% del ciclo, a partir del cual no se observan diferencias significativas (entre T3 y T4). En el caso de los trasplantes de enero, la superioridad de los plantines de mayor edad se invierte al 20% del ciclo, a partir de donde T1 supera a T2 hasta finalizar el cultivo.

-

Figura 34

Evolución del área foliar de plantas de tomate cv Elpida trasplantadas a invernadero con distinta edad (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero) durante el ciclo de cultivo.



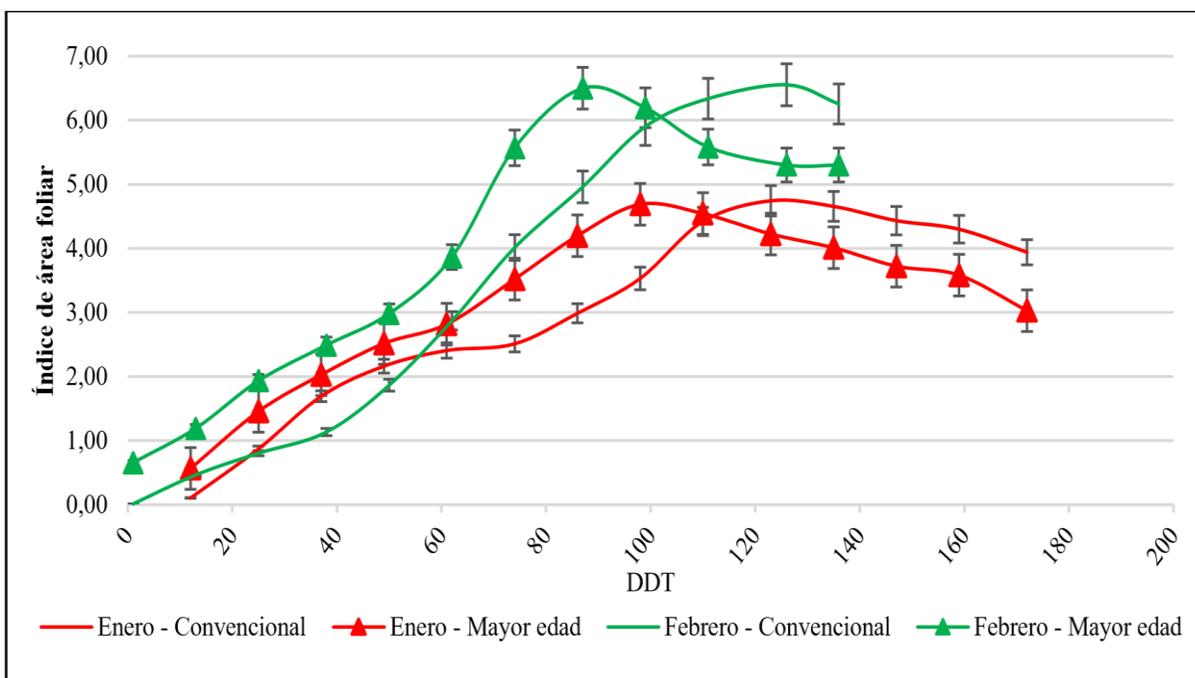
Índice de Área Foliar

El índice de área foliar (IAF) en función de los días desde trasplante (DDT) presentó valores al inicio del ciclo mayores para los tratamientos que partieron de plantines de mayor edad en ambas fechas de trasplante (T2 y T4) comparados con los plantines convencionales

•
 (T1 y T3). El tratamiento T4 alcanzó su valor máximo de IAF (6.5) a los 87 DDT, T2 a los 98 DDT (4.7) y aproximadamente a los 123 DDT tanto T3 (6.3) como T1 (4.8) (Figura 35). En coincidencia con el trabajo de Bouzo y Favaro (2015) en este ensayo los mayores valores de IAF fueron para los tratamientos de mayor edad. Estos autores también concluyeron que la mayor área foliar no solo era consecuencia de mayor número de hojas por planta, sino que además el área de cada una de esas hojas era superior.

Figura 35

Índice de área foliar de plantas de tomate cv Elpida en función de los días desde trasplante (DDT) a lo largo del cultivo en invernadero para dos edades (Convencional y Mayor edad) y diferentes fechas de trasplante (Enero y Febrero).



•

•
Porcentaje Estimado de Nitrógeno en Hojas

El contenido de nitrógeno estimado en tres momentos del cultivo (45, 60 y 90 días desde trasplante) se observa en la Tabla 9.

Tabla 9

Estimación del contenido (%) de nitrógeno en hojas de plantas de tomate trasplantadas a distinta edad en dos fechas diferentes a lo largo del ciclo de cultivo.

	Enero		Febrero	
	Convencional	Mayor edad	Convencional	Mayor edad
	T1	T2	T3	T4
45 DDT	3.37 ^a	4.30 ^a	2.93 ^a	3.86 ^a
60 DDT	3.30 ^a	4.14 ^a	2.79 ^a	3.61 ^a
90 DDT	3.06 ^a	3.90 ^a	2.67 ^a	3.49 ^a

Se observó que los tratamientos con plantines de mayor edad trasplantados en ambas fechas (T2 y T4) presentaron un mayor contenido de nitrógeno que los de edad convencional aunque no fueron significativas estadísticamente.. En promedio, los tratamientos con plantines de mayor edad obtuvieron un contenido de nitrógeno un 20% superior al de los convencionales. Los valores más altos de nitrógeno se obtuvieron en el primer muestreo y los más bajos al final del ciclo. Los resultados son consistentes con lo reportado por Mendoza et al. (1998), quienes indicaron que el contenido de nitrógeno en las hojas disminuye a medida que la planta se desarrolla después del trasplante, para incrementarse en la planta completa y en el fruto. En todas las combinaciones de edad de plantín y fecha de trasplante, el tratamiento T2, con mayor edad y trasplante en enero, obtuvo el mayor contenido de

•

•
 nitrógeno en los tres momentos de muestreo. Los valores de este tratamiento fueron en promedio y a lo largo de los tres momentos un 30%, 20% y 10% superiores a T3, T1 y T4, respectivamente. Además, se observó que el contenido de nitrógeno estimado a través de SPAD-502 disminuyó en promedio un 9% hacia el final del ciclo en todos los tratamientos.

Número de Hojas previas a Primera Inflorescencia

En promedio los plantines de mayor edad desarrollaron sus primeras inflorescencias luego de seis hojas totalmente expandidas, en contraste con las 9 hojas promedio en los plantines de menor edad.

Tabla 10

Número de hojas verdaderas previas a la primera inflorescencia en plantas de tomate cv.

Elpida de diferentes edades al momento del trasplante (Enero y Febrero).

Enero		Febrero	
Convencional	Mayor edad	Convencional	Mayor edad
T1	T2	T3	T4
9.08 b	5.83 a	10.33 b	6.75 a

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Estos resultados podrían tener influencia tanto sobre la precocidad como en el rendimiento, como afirma Uzun (2006) ya que el momento del ciclo en el cual se produce la floración tiene impacto sobre el largo del periodo productivo y acortar la fase vegetativa lo que

•

- contribuye a la producción temprana de frutos y, por el contrario, prolongar el período vegetativo puede conducir a la formación de un mayor número y área foliar para apoyar el crecimiento de la inflorescencia. En este caso, el evento de floración ocurrió cronológicamente antes en los tratamientos correspondientes a plantines de mayor edad (T2 y T4) implicando precocidad en la cosecha ya que al comenzar antes que en los convencionales y acortar la fase vegetativa se logró que el periodo productivo fuera mayor (ver capítulo 5). Este resultado concuerda con Bouzo *et al.* (2000) quienes también encontraron que los plantines obtenidos en celdas de mayor volumen lograron un adelanto en el inicio de cosecha. Jankauskiene *et al.* (2013) también encontraron que los plantines de mayor edad florecieron antes que los más jóvenes. En su experiencia las plantas que fueron trasplantadas con nueve a 10 hojas lograron florecer en la mitad del tiempo que las trasplantadas con cinco a seis hojas coincidiendo a su vez con otros autores como Salik *et al.*, (2000).

Inflorescencias: Intervalos de Aparición, Tasa de Aparición y Relación con los Días desde Trasplante y Tiempo Térmico.

El total de inflorescencias evaluadas y cosechadas en este ensayo fue de ocho para todos los tratamientos. En la tabla 11 se pueden observar los días transcurridos desde trasplante hasta la observación de una inflorescencia en al menos 20% de las plantas del total de cada tratamiento.

-

•
Tabla 11

Días desde trasplante (DDT) para la aparición de inflorescencias en tomate cv Elpida de dos edades (convencional y mayor edad) trasplantado a invernadero en dos fechas (enero y febrero).

	Enero		Febrero	
	Mayor edad Convencional		Convencional	Mayor edad
	T1	T2	T3	T4
	DDT	DDT	DDT	DDT
1°inflorescencia	20	10	27	5
2°inflorescencia	28	15	34	13
3°inflorescencia	41	28	45	27
4°inflorescencia	49	41	53	34
5°inflorescencia	63	49	62	45
6°inflorescencia	70	63	84	53
7°inflorescencia	81	70	95	62
8°inflorescencia	98	81	112	67

Estos valores fueron inferiores a los reportados por Guaymasi et al. (2018) para el mismo híbrido (Elpida) en La Plata en un tomate temprano trasplantado en agosto, siendo la primera

•

- inflorescencia observada a los 34 días desde trasplante. También inferiores a los valores registrados por Cremaschi *et al.* (2012) quienes, al estudiar el comportamiento fenológico de cinco híbridos comerciales de tomate conducidos bajo invernadero en La Plata, en tres fechas de trasplante (julio, agosto y septiembre) observaron la primera inflorescencia en un lapso de 32 a 50 días desde el trasplante utilizando plantines convencionales de entre 34 y 53 días. En la misma zona, Grimaldi *et al.* (2003), utilizando otro híbrido comercial de tomate, trasplantado en noviembre, reportaron que la floración de la primera inflorescencia ocurrió 15 días después del trasplante, valores aproximados a los registrados para T1 en este ensayo. Al analizar los intervalos de días transcurridos entre inflorescencias sucesivas, en el caso de los tratamientos que partieron con plantines convencionales (T1 y T3) en promedio se observaron cada 12 días, coincidiendo Guaymasi *et al.*, (2018). En cambio, en los tratamientos que partieron de mayor edad de plantín (T2 y T4) el intervalo entre aparición de inflorescencias fue inferior (10 y 9 días respectivamente). Resulta de importancia resaltar que para la misma cantidad de días que Guaymasi *et al.* (2018) registraron la aparición de cuatro inflorescencias (67 días) en este caso y para el tratamiento T4, las plantas alcanzaron el doble de inflorescencias (ocho), aunque en este caso el tiempo térmico desde trasplante fue 60% mayor.

Al analizar el tiempo térmico acumulado ($^{\circ}\text{C}\text{día}$) para la aparición del total de inflorescencias evaluadas, se obtuvieron los siguientes resultados: (Tabla 12)

-

•
Tabla 12

Tiempo térmico (°Cdía) acumulado para la aparición del total de inflorescencias en el cultivo de tomate cv Elpida de dos edades (convencional y mayor edad) trasplantado a invernadero en enero y febrero.

Enero		Febrero	
Convencional	Mayor edad	Convencional	Mayor edad
T1	T2	T3	T4
1421 °Cdía	1225 °Cdía	1171 °Cdía	1017 °Cdía

Si bien cada material genético puede presentar características particulares, la temperatura del aire durante el ciclo de cultivo influye sobre el nivel de acumulación calórica alcanzada, según fue reportado por Warnock (1973), al estimar la suma térmica requerida por un híbrido de tomate en diferentes años, en los que observó mayor acumulación de grados día cuando se registraron temperaturas del aire más elevadas. El intervalo de tiempo térmico acumulado para observar una nueva inflorescencia, en el presente ensayo fue en promedio 177°Cdía en T1, 153°Cdía en T2, 147°Cdía en T3 y 127°Cdía en T4. Todos estos valores superiores a los encontrados por Guaymasi *et al.* (2018) en las primeras cuatro inflorescencias (82°Cdía). El total de grados días acumulados para alcanzar la floración de las ocho inflorescencias evaluadas, fue menor en el caso de T4. A partir del registro de las fechas de aparición de cada inflorescencia se calculó la tasa de aparición y expresando esta frecuencia en función de la

•

•
integral térmica o grados día acumulados (GDA) para el mismo periodo se obtuvieron las correlaciones presentadas en la Tabla 13.

Tabla 13

Ecuaciones de regresión de la tasa de aparición de inflorescencias (TAI) en función de los grados día acumulados (GDA) desde trasplante para un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero en dos fechas con dos edades de plantín.

Tratamiento			Ecuación de regresión	Coefficiente de determinación (R ²)
Enero	Convencional	T1	TAI = 0.0001* GDA + 0.010	0.96
	Mayor edad	T2	TAI=0.0001 * GDA + 0.0353	0.96
Febrero	Convencional	T3	TAI= 0.0001 * GDA + 0.0091	0.98
	Mayor edad	T4	TAI=0.0002* GDA + 0.0294	0.96

Estos resultados coinciden con los encontrados por Garbi *et al.* (2006) quienes evaluaron la TAI de un híbrido de tomate (Diva) en función de los días desde trasplante y de los grados día acumulados, en tres años diferentes en el cinturón hortícola platense. El análisis de regresión de los resultados indicó que tanto los días transcurridos desde el trasplante como la acumulación calórica les permitieron explicar la tasa de aparición de inflorescencias a través de una ecuación de tipo lineal, al igual que en el presente ensayo, además se llegó a la

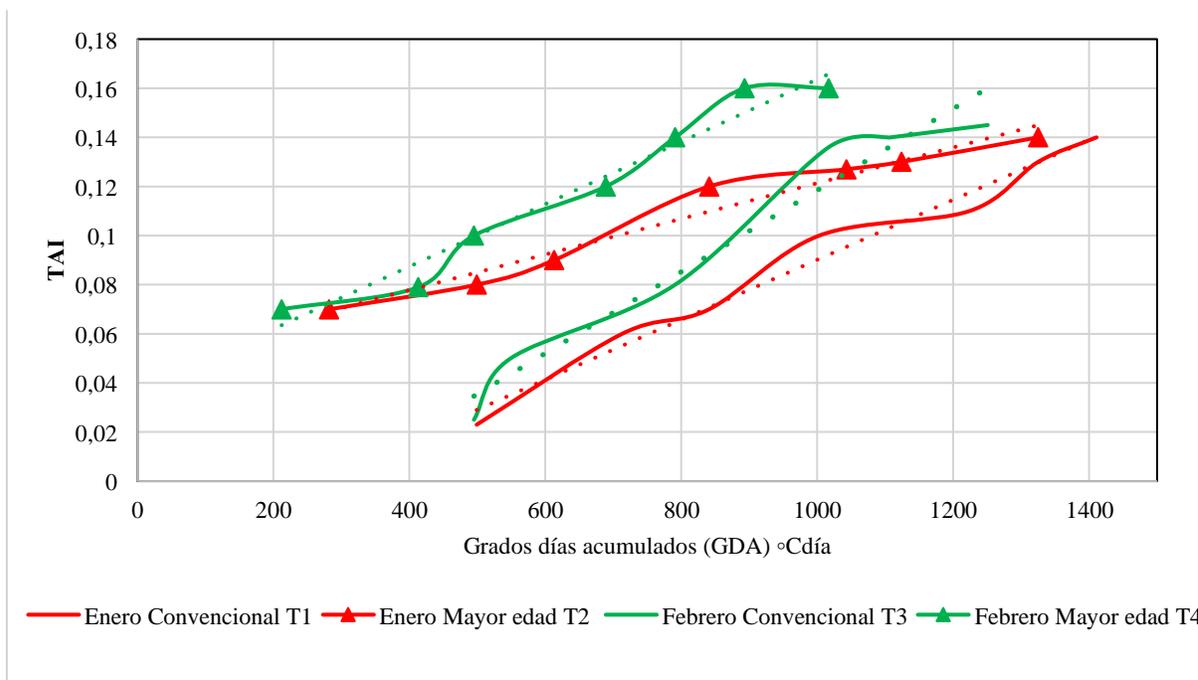
•

- conclusión que más del 0,9 de las variaciones observadas pudiendo ser explicadas por la variable integral térmica (grados días acumulados). En el presente ensayo, los tratamientos que partieron de plantines de mayor edad (T4 y T2) presentaron mayores tasas de aparición de inflorescencias. Esto implica que a las mismas condiciones ambientales (temperatura) las plantas que fueron trasplantadas con mayor edad alcanzaron mayor cantidad de inflorescencias en menor cantidad de días, también debido a que estos tratamientos acumularon más grados días en su etapa de crecimiento en plantinera. Puede observarse en la Figura 36 por ejemplo, que para las plantas del tratamiento T4, con una acumulación de 1000 °Cdía se alcanzó la máxima TAI mientras que para T1 se necesitaron un 40% más grados días acumulados para alcanzar su máxima TAI.

-

•
Figura 36

Tasa de aparición de inflorescencias en función del tiempo térmico expresado como grados día acumulados (GDA) plantas de tomate trasplantadas a distinta edad (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero) durante el ciclo de cultivo.



•

Número de Frutos por Racimo

En la Tabla 14 se detalla el número promedio de frutos por racimo.

Tabla 14

Número de frutos promedio por racimo en un cultivo de tomate cv Elpida trasplantado a invernadero en dos fechas en dos edades de plantín (convencional y mayor edad)

Enero		Febrero	
Convencional	Mayor edad	Convencional	Mayor edad
T1	T2	T3	T4
4.1 ^a	4.4 ^a	4.2 ^a	5.1 ^a

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

La mayor cantidad de frutos por racimo registrada fue en promedio 5.1 para los plantines de mayor edad trasplantados en febrero, aunque no fue significativa estadísticamente con respecto a los otros tratamientos.

•

- **Conclusiones**

Teniendo en cuenta las temperaturas registradas en la plantinera comercial donde se obtuvieron los plantines y el lapso en el cual estuvieron sometidos a ese ambiente; se puede concluir que a pesar de haberse registrado en promedio temperaturas dentro del rango óptimo desde el inicio hasta el final del subperiodo siembra – trasplante, todos fueron sometidos a picos máximos de temperaturas superiores a 40°C en algún momento, así como a mínimos menores a 10 °C. Habiendo evaluado el comportamiento de las plantas de los distintos tratamientos es posible aceptar la hipótesis planteada, según la cual la edad de las plantas de tomate y la fecha de trasplante influyen en la respuesta del cultivo. Evidentemente el hecho de sembrar y trasplantar en distintas fechas tuvo como consecuencia que los plantines de tomate exploren distintos ambientes agroclimáticos (capítulos 2 y 3). En este capítulo se registraron estas diferencias analizando el comportamiento del cultivo a través de la fenología de los distintos tratamientos.

En algunos parámetros la diferencia estuvo influenciada principalmente por la edad al momento del trasplante y otros fueron influenciados principalmente por la fecha de dicho trasplante.

- altura de planta; tratamientos de mayor edad (T2 y T4) superaron a las convencionales (T1 y T3) durante todo el ciclo

- número de hojas previas a inflorescencia; tratamientos de mayor edad (T2 y T4) presentaron 40% menor cantidad de hojas previo a primera inflorescencia

-

- - diámetro de tallo, tratamientos trasplantados en enero (T1 y T2) superaron a los de febrero (T3 y T4) durante todo el ciclo.

Al mismo tiempo los de mayor edad siempre superiores a los convencionales dentro de cada fecha ($T2 > T1$ y $T4 > T3$) en:

- índice de área foliar por planta, valores máximos de IAF superiores para los trasplantes de febrero T3 y T4, y dentro de la misma fecha de trasplante, tratamientos de mayor edad superaron a los convencionales ($T4 > T3$ y $T2 > T1$)
- evolución del número de hojas; mayor cantidad de hojas en los trasplantes de enero (T1 y T2). Dentro de la misma fecha de trasplante, siempre los de mayor edad superaron a los convencionales ($T2 > T1$ y $T4 > T3$)

Cabe resaltar que la respuesta de algunos de los parámetros cambió la tendencia e incluso se invirtieron a lo largo del ciclo. Por otra parte, el efecto de la fecha de trasplante se pudo demostrar ya que el hecho de trasplantar a diferente edad también tiene efecto sobre algunos parámetros del cultivo, como el ritmo de desarrollo de la planta, por ejemplo, el incremento relativo en altura, o la tasa de aparición de inflorescencia que fue mayor para los plantines de mayor edad, independientemente de la fecha de trasplante. Especialmente, esta diferencia en la tasa de aparición de inflorescencia tiene influencia directa sobre la duración del periodo de crecimiento y por lo tanto sobre el rendimiento del cultivo, temas abordados en el Capítulo 5.

-

•

Capítulo 5

Comportamiento Productivo

Rendimiento

•

Introducción

El tomate, así como el pimiento son originarios de regiones tropicales y subtropicales de América, y la berenjena de regiones tropicales y subtropicales de China e India (Guaymasí, 2015). Si bien las tres especies presentan similitudes en cuanto a sus requerimientos agroclimáticos debido a su origen (tropical – subtropical) y pertenencia a la misma familia, existen algunas diferencias, las cuales se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15

Temperaturas mínimas, óptimas y máximas y periodo libre de heladas (PLH) para tomate, pimiento y berenjena (Guaymasí, 2015)

	Tomate	Pimiento	Berenjena
T° mínima (°C)	10	15	17
T° óptima (°C)	19 – 24	27/18*	23 - 25
T° máxima (°C)	32	35	35
PLH (meses)	3.5 – 4	4	4 – 5

Nota. *(diurna-nocturna)

Además, para completar cada fase, la planta requiere acumular una cantidad mínima de temperatura, lo que se conoce como “tiempo térmico” y se expresa como “grados/día” (FAO, 2001). Esta medida representa un factor importante en el desarrollo biológico de las plantas, dado que permite estimar la energía calórica disponible durante la estación de cultivo y puede aplicarse exitosamente para predecir su crecimiento, con el fin de implementar prácticas de manejo y estimar fechas de cosecha con una variabilidad menor que cuando los

•
cálculos se basan en la cantidad de días (Almaguer Sierra *et al.*, 2014). El tomate requiere entre 3000 a 4000 grados días acumulados (GDA) para completar su ciclo (Grimaldi *et al.*, 2003). Una mejor comprensión de la influencia de la temperatura en la dinámica de la emergencia, el crecimiento y el desarrollo de los cultivos, resultaría importante para optimizar el desarrollo del cultivo, orientando a la elección de la fecha de plantación/trasplante, del o los genotipos más adecuados, de las estrategias de manejo y de su oportunidad de aplicación, como también para minimizar las limitaciones agroecológicas que se imponen cuando el cultivo se establece en condiciones poco favorables (Andrade *et al.*, 1996). Obtener plantines en bandejas multiceldas es una tecnología avanzada con gran adopción en el campo de la producción de hortalizas. Aunque la utilización de bandejas con mayor número de celdas mejora la eficiencia de la producción de plantines, la reducción del tamaño de estas aumenta las condiciones de restricción de las raíces, afectando la morfología y fisiología de los plantines (Vagnoni *et al.*, 2014). Sin embargo, es escasa la información científica disponible sobre los cambios en el estado fisiológico de las plantas durante el período vegetativo cuando se producen plantines en bandejas multiceldas. Numerosas publicaciones consideraron los efectos de las principales variables en el proceso de producción de plantines como volumen y forma de celda, nutrición, etc., evaluando uno o dos factores a la vez (Balliu *et al.*, 2007; Liu and Latimer, 1995; Singh *et al.*, 2007). Asimismo, una serie de interrogantes aún no tienen respuesta única o combinada de las características de los contenedores, biología de los plantines, el tamaño del área en el contenedor y su efecto en la productividad fotosintética durante el crecimiento vegetativo, así
•

- como algunas características fisiológicas pertinentes a la cantidad de biomasa sintetizada (Shopova & Cholakov, 2014). Otro enfoque podría basarse en la comprensión de las relaciones causa/efecto entre las características de los plantines y la posterior respuesta del cultivo, tanto en términos de precocidad como de rendimiento. Existen antecedentes en cuanto al efecto del volumen del contenedor y el posterior comportamiento del cultivo. Algunos trabajos han demostrado que los plantines de tomates producidos en contenedores de mayor volumen son más precoces a cosecha que los que provienen de espacios reducidos, a pesar de no existir diferencias en el rendimiento final del cultivo (Ullé, 2009). No solo el volumen del contenedor sino también el tiempo de permanencia en la plantinera son factores importantes en la eficiencia de producción, por lo que normalmente se aumenta la cantidad de plantines por unidad de superficie mediante el uso de bandejas con mayor número de celdas y, por lo tanto, de menor volumen individual. Sin embargo, la consecuencia es que los plantines obtenidos con mayor densidad, a medida que permanecen más tiempo en las bandejas, compiten más por la radiación solar incidente y pierden calidad, ya que se forman plantines etiolados que resultan débiles y susceptibles a enfermedades durante o después del trasplante (Kozai, 2016). Por el contrario, con el uso de celdas de mayor volumen se incrementa la cantidad de raíces formadas, lo cual favorece una mayor absorción de agua y nutrientes (Urrestarazu, 2015). Un mayor volumen de contenedor, combinado con un mayor espacio entre plantines, favorece tanto el ambiente de la raíz como de la parte aérea, factores que pueden incrementar el rendimiento final (Heuvelink y Okello, 2018; Sánchez del Castillo *et al.*, 2012). Sin embargo, diversos autores encontraron resultados contrastantes al
-

- evaluar el rendimiento y la precocidad de cultivos de tomate utilizando plantines de distinta edad y mayor o menor volumen de celdas. Leskovar y Cantliffe (1991) no observaron diferencias ni el rendimiento total ni en la precocidad de cosecha en cultivos de tomate al utilizar plantines de tres, cuatro, cinco y seis semanas de edad, pero si observaron que en los tratamientos de cuatro y cinco semanas se obtuvieron frutos de mayor tamaño en las primeras cosechas. Por el contrario, Jankauskiene *et al.* (2013) no encontraron diferencias en los pesos promedio de los tomates cosechados, pero si encontraron que los plantines de mayor edad alcanzaron la floración antes y por lo tanto obtuvieron precocidad en la cosecha. Bouzo y Favaro (2015) encontraron que al aumentar el volumen de la celda y la edad de los plantines aceleró la iniciación floral y obtuvieron no solo precocidad sino mayor rendimiento total.

Tanto el rendimiento y la precocidad del cultivo son importantes para cosechar frutos de calidad. En el caso de tomates para consumo en fresco, la calidad está determinada por la apariencia (color, forma, tamaño y ausencia de desórdenes fisiológicos), firmeza, textura, materia seca y propiedades organolépticas y nutraceuticas (Dorais *et al.*, 2001). La calidad de los frutos puede verse afectados por diversos desórdenes fisiológicos como consecuencia de condiciones ambientales desfavorables y mal manejo de cultivo entre las que se encuentran: podredumbre apical del fruto (“Blossom end rot” o BER), “zippering”, “cara de gato” (catface), maduración despareja, escaldado de frutos, etc. Los síntomas de BER comienzan con un pequeño punto que crece a medida que lo hace el fruto, pudiendo llegar a cubrirlo totalmente. El tejido se necrosa cambiando de marrón claro a oscuro, luego se seca y puede ser infectado por patógenos secundarios (Masarirambi *et al.*, 2009). El “zippering” puede

-

- describirse como cicatrices que se extienden parcial o completamente desde el área de cicatriz del tallo hasta el final del fruto. Ocasionalmente huecos en los lóculos acompañan a la cicatriz en forma de cierre o cremallera. Esto puede interferir con el desarrollo adecuado del fruto y causar daños posteriores (Olson, 2004). “Cara de gato” es un desorden caracterizado por una deformidad grave del fruto que lo convierte en no comerciable. El defecto suele localizarse en el extremo del fruto. La deformidad ocurre durante la formación de la flor que hace que la fruta no se desarrolle normalmente (Olson, 2004; Peet, 2008).

Objetivo General

Evaluar el comportamiento productivo de un cultivo de tomate iniciado con dos edades de plantín trasplantados a invernadero en dos fechas diferentes, teniendo en cuenta la precocidad y las características de los frutos.

Objetivos Específicos

- Comparar la precocidad en el cultivo de tomate para los distintos tratamientos mediante el cálculo de la suma térmica y el registro de los días transcurridos desde la siembra y desde el trasplante hasta el inicio de la cosecha.
- Contabilizar el número de frutos comerciales, peso y calibre de los mismos en cada cosecha.
- Determinar el efecto de la fecha de trasplante sobre el porcentaje de frutos no comerciales y determinar las causas del descarte.

-

- - Registrar los días del periodo de cosecha para cada tratamiento.

Hipótesis

El rendimiento y la precocidad del cultivo de tomate tardío bajo cubierta en el cinturón hortícola platense se ven afectados por la edad de los plantines al trasplante y la fecha del mismo.

Predicciones

- El cultivo de tomate presenta el mismo rendimiento tanto en un trasplante temprano con un plantín de edad convencional como en uno trasplantado un mes posterior con plantines de mayor edad.
- Las plantas de tomate de mayor edad trasplantadas en febrero inician su ciclo de cosecha antes que las de menor edad trasplantados en enero.

Materiales y Métodos

Material Vegetal

El material vegetal utilizado en el presente experimento fue tomate del cv. Elpida (Enza Zaden). Los plantines fueron adquiridos en un plantinera comercial de la zona (Baby Plant S.R.L, Lisandro Olmos) y la metodología de obtención de los mismos así como los

-

•
tratamientos (Tabla 3) fueron detallados en el Capítulo 2. En cuanto a la diferencia de edad entre los tratamientos T1 y T2 fue de 15 días; y entre T3 y T4 fue de 20 días. El trasplante se efectuó en un invernadero metálico de 320 m² con techo parabólico cubierto con film de polietileno térmico de 150 micrones. Cada línea de cultivo contaba con una cubierta de acolchado plástico negro de 17 micrones. El marco de plantación fue de 0.30 m de distancia entre plantas y 0.9 m entre líneas. La densidad de plantas fue de 3.5 plantas.m⁻². Se condujo a un tallo utilizando hilo sostenido por alambres transversales en el techo del invernadero. El riego fue realizado con cintas de goteo (distancia de 10 cm entre goteros y caudal de 1 litro.hora⁻¹). Se realizaron las prácticas culturales típicas de producciones comerciales de la zona como la eliminación de brotes axilares, deshoje, capado y desmalezado manual. Durante el crecimiento del cultivo en el invernadero, se registró temperatura y humedad relativa a través de dataloggers (WatchDog A150 Temp/RH Logger) a intervalo de una hora y colocado a 1.5 m desde el nivel del suelo. Con estos valores se calculó la suma térmica o grados-día acumulados en cada etapa del cultivo. Se calculó por el método residual de Brown (Brown, 1975), según la fórmula: $GD = 0.5 (T. \text{máx.} + T. \text{mín.}) - T_b$; donde: GD: grados-día; T. máx.: temperatura máxima; T. mín.: temperatura mínima; T_b: temperatura base del cultivo. La temperatura base considerada fue de 10°C. Se contabilizó el tiempo transcurrido desde la siembra (DDS) y desde trasplante (DDT) hasta floración teniendo en cuenta la apertura de al menos una flor en la inflorescencia como punto de inicio de la etapa. El inicio de cosecha se consideró cuando el 20% de las plantas alcanzaban al menos un fruto en etapa de madurez. Los tomates fueron cosechados en su etapa de madurez 4 (30 al 60% de la

•

- superficie del tomate color rosado o rojo) según la cartilla elaborada por INTA EEA Mendoza en el laboratorio de Poscosecha (Rivero, 2013). Se realizaron cosechas semanales y se registraron datos de rendimiento comercial y descarte. Para la tipificación se consideró el peso del fruto y se clasificaron en dos categorías: frutos de 100 a 150 g y más de 150 g. A su vez se agruparon para obtener el rendimiento total, peso semanal y peso medio individual de los frutos. Los tomates no comerciales fueron clasificados según la causa de descarte (tamaño, rajado, etc.)

Diseño Experimental

Los tratamientos (Tabla 3) se distribuyeron de acuerdo con un diseño en bloques completamente aleatorizados². El diseño utilizado fue de cuatro bloques de 100 plantas cada uno con 25 plantas por tratamiento (Figura 25). La unidad experimental estuvo compuesta por 3 plantas por tratamiento para los muestreos de seguimiento de parámetros fenológicos.

-

•

Resultados y Discusión

Inicio de Floración

El inicio de floración para cada tratamiento teniendo en cuenta los días transcurridos y el tiempo térmico acumulado desde la siembra (DDS) y desde el trasplante (DDT) fueron los siguientes:

Tabla 16

Iniciación floral desde siembra y desde trasplante para un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado en invernadero con dos edades de plantín (convencional y mayor edad) y dos fechas (Enero y febrero).

Tratamientos			Desde siembra	Desde trasplante	Desde siembra	Desde trasplante
Enero	Convencional	T1	55	20	879°día	282°día
	Mayor edad	T2	60	10	989°día	204°día
Febrero	Convencional	T3	52	27	880°día	413°día
	Mayor edad	T4	50	5	882°día	83°día

Teniendo en cuenta la cronología, T4 fue quien menor tiempo requirió desde la siembra (50 días) para iniciar la etapa de floración, seguido por T3, T1 y T2 con 52, 55 y 60 días respectivamente. Al analizar los días desde trasplante, es más notoria la diferencia entre los

•

- tratamientos para iniciación floral encontrando que desde el momento de trasplante las plantas que partieron de plantines de mayor edad (T4 y T2) tardaron 16 días menos (70%) que las que de edad convencional (T1 y T3). Guaymasi *et al.* (2018) encontraron que el mismo híbrido trasplantado en agosto en invernadero, requirió mayor cantidad de días desde trasplante (34 DDT) para alcanzar la iniciación floral. Valores incluso mayores fueron reportados por Cremaschi *et al.* (2012) para fechas de trasplante de julio a septiembre, observando que la floración iniciaba a los 32 hasta 50 días desde trasplante con niveles de acumulación térmica de 117 y 186 °Cdía. Sin embargo, Grimaldi (2003) con un trasplante en noviembre reportó la primera floración 15 días después de trasplante con una acumulación térmica de 263 °Cdía. Si bien cada material genético puede presentar características particulares, la temperatura del aire durante el ciclo de cultivo influye sobre el nivel de acumulación calórica alcanzada (Guaymasi *et al.*, 2018). Esto explica porque a medida que los trasplantes se hacen en época con menores temperaturas medias Cremaschi *et al.* (2012) registran mayor cantidad de días para alcanzar la floración, al igual que Guaymasí *et al.* (2018) con tomates trasplantados en julio.

Inicio de Cosecha

Para cada tratamiento el comienzo de cosecha fue registrado tanto en días calendario (Tabla 13) como en tiempo térmico (Figura 31). En cuanto a los días calendario los plantines convencionales (T1 y T3) comenzaron a cosecharse a los 103 y 102 días desde la siembra respectivamente, mientras que los plantines de mayor edad trasplantados en enero (T2) fue

-

•
de 100 días, pero en el trasplantado en febrero (T4) este valor fue un 20% inferior (80 días). Si en lugar de contabilizar los días a inicio de cosecha desde la siembra se toma en cuenta el trasplante, los plantines convencionales tardaron en promedio 68 días para iniciar la cosecha. Los plantines de mayor edad tardaron 50 días en el caso de ser trasplantados en enero (T2) y 35 los trasplantados en febrero (T4). (Tabla 17)

Tabla 17

Días desde la siembra (DDS) y desde el trasplante (DDT) hasta inicio de cosecha para un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero en dos edades de plantín (convencional y mayor edad) y dos fechas (enero y febrero).

Tratamientos		Inicio Cosecha	DDT	DDS
Enero	Convencional	13-mar	68	103
	Mayor edad	23-feb	50	100
Febrero	Convencional	26-abr	76	102
	Mayor edad	16-mar	35	80

El inicio de cosecha a los 35 días desde el trasplante en el caso de T4 indica precocidad al compararlo con el resto de los tratamientos de este ensayo. Incluso inferior a los valores obtenidos por Garbi *et al.* (2006) en ensayos donde el intervalo desde trasplante a inicio de cosecha osciló entre 56 y 82 días. Por otro lado, Martínez *et al.* (2008) obtuvo valores de

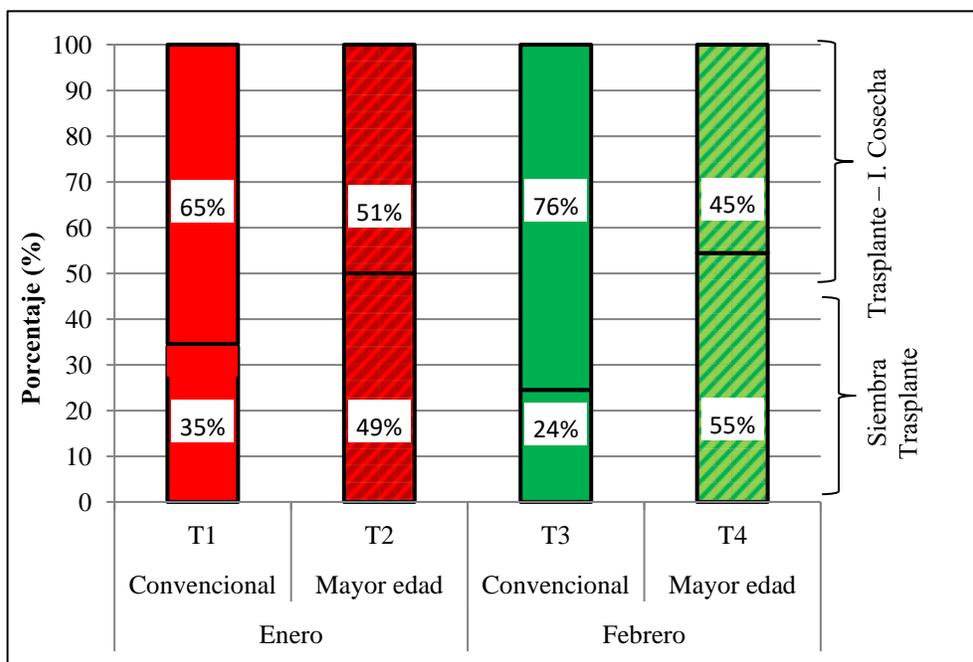
•

- 100; 110 y 75 días promedio desde trasplante a inicio de cosecha, en el caso de cultivos de tomate temprano provenientes de plantines con siembras en mayo, junio y julio. Los plantines sembrados en mayo y julio se trasplantaron a invernadero en la misma edad, pero acumulando diferente cantidad de grados días a favor de la siembra más tardía (julio). Por ello Martínez *et al.* (2008) concluyeron que modificar la fecha de siembra para hacer coincidir el subperiodo siembra – trasplante con un ambiente de mayor temperatura media, logra que, en menor o igual cantidad de días, la acumulación de temperatura sea superior. De esta manera, y ya que el crecimiento es estimulado por la integral térmica, se alcanza el inicio de cosecha en un lapso menor. Esto explica porque el tratamiento T4 inició la cosecha más tempranamente. En valores absolutos, el tiempo térmico acumulado desde la siembra hasta iniciar la cosecha fue de mayor a menor 2000°C para T3, 1785°C para T4, 1720°C para T1 y 1605°C para T2. Al analizar por etapas el porcentaje del tiempo térmico acumulado desde siembra a trasplante y desde trasplante a inicio de cosecha para cada tratamiento puede observarse que fueron diferentes siendo los plantines de mayor edad los que acumularon en promedio 52% del total de integral térmica previo al trasplante (Figura 37). Estos resultados concuerdan parcialmente con Vavrina y Arenas (1997) quienes encontraron que los plantines de tomate que crecieron en mayor volumen de celda presentaron precocidad y rindieron más que los obtenidos en celdas de menor volumen. Mayor biomasa, mayores rendimientos y precocidad también fueron reportados por Bouzo y Favaro (2015). Resultados similares encontraron Jankauskien *et al.* (2013) con respecto
-

• a la precocidad; los plantines de mayor edad (9-10 hojas) iniciaron floración antes que los más jóvenes (5-6 hojas). En las condiciones de este ensayo, la iniciación floral se observó antes en el caso de los plantines de mayor edad, sin importar la fecha de trasplante, ya que tanto en los trasplantes de enero como de febrero mostraron un 13 y 15% respectivamente menor cantidad de días requeridos para inicial floración que los plantines convencionales.

Figura 37

Porcentaje de grados días acumulados (GDA) en etapas siembra-trasplante y trasplante-inicio de cosecha para un cultivo de tomate cv. Elpida, trasplantado en dos fechas (Enero y Febrero) y con dos edades de plantín (Convencional y Mayor edad).



Los plantines de mayor edad (T2 y T4) se trasplantaron habiendo alcanzado el 49 y 55% del tiempo térmico total desde la siembra al inicio de cosecha (Figura 35). En cambio, los

•

- plantines convencionales (T1 y T3) acumularon 35% y 24% del tiempo térmico respectivamente en el subperiodo siembra – trasplante. Valores similares a T1 y T3 informaron Martínez et al., (2008) en el subperiodo siembra – trasplante, donde los plantines acumularon entre el 18 y 30% del tiempo térmico total requerido para inicio de cosecha, siendo las plantas trasplantadas más tardíamente las que acumularon mayor porcentaje del tiempo térmico (30%) previo al trasplante y las que menor cantidad de días requirieron hasta inicio de cosecha comparadas con fechas más tempranas.

Duración del Ciclo de Cosecha

Se realizó un registro de las fechas de inicio y finalización de la cosecha en cada tratamiento para determinar la duración precisa del período de recolección de los frutos. Se encontró que, además de que el inicio de la cosecha varió entre los distintos tratamientos, también se observaron diferencias en la duración de estos períodos. Específicamente, se registró un período de cosecha de 100 días (del 13 de marzo al 23 de mayo) para el tratamiento T2, mientras que el T4 tuvo una duración de 91 días (del 17 de marzo al 16 de junio). En contraste, el T1 y el T3 presentaron períodos de cosecha de 71 días (del 13 de marzo al 23 de mayo) y 60 días (del 27 de abril al 26 de junio), respectivamente. De manera destacada, se observó que la utilización de plantines de mayor edad en los tratamientos resultó en una duración aproximadamente 29.5 días más prolongada (31% superior) en comparación con los tratamientos que utilizaron plantines convencionales (T1 y T3). Considerando las fechas de inicio y de finalización de cosecha para cada tratamiento se

-

•
determinó que la duración de la misma fue en promedio un 35% mayor para los plantines de mayor edad comparado con los convencionales. Esto significa que, a pesar de comenzar a cosechar en distintos momentos, los tratamientos T4 tuvieron un periodo de cosecha de 103 días, T2 de 100 días, mientras que para T1 y T3 fue de 73 y 60 respectivamente. A su vez se pudo observar que los plantines trasplantados en enero (T1 y T2) culminaron su ciclo de cosecha en promedio 28 días antes que los trasplantados en febrero (T3 y T4).

Tabla 18

Tiempo térmico de siembra a fin de cosecha en un cultivo de tomate cv. Elpida, trasplantado en dos fechas (enero y febrero) con dos edades de plantín (convencional y mayor edad)

Tratamientos		S - T	T- IC	IC – Fin	Total
Enero	Convencional T1	597	1123	660	2380
	Mayor edad T2	785	820	961	2566
Febrero	Convencional T3	467	1533	278	2278
	Mayor edad T4	982	803	718	2503

Nota. S: siembra; T: trasplante; IC: inicio de cosecha.

En cuanto a la duración del ciclo productivo total del cultivo teniendo en cuenta la acumulación calórica por cada etapa, como se puede observar en la Tabla 18, los plantines de mayor edad trasplantados en febrero acumularon el 60% del total en la etapa siembra - trasplante (S-T), mientras que los plantines convencionales trasplantados en enero solo el 25%. A excepción de T4, todos los tratamientos acumularon el mayor porcentaje de tiempo térmico con respecto al total en la etapa trasplante – inicio de cosecha (T- IC).

•

•
Peso Individual de los Frutos

En la Tabla 19 se exhiben los pesos individuales de los frutos comerciales. Los tratamientos T1, T2 y T4 obtuvieron en promedio el mayor porcentaje (95%) de frutos cosechados con un peso superior a 150 g, categorizados como “tomates de primera” en el mercado. Por el contrario, el tratamiento T3 presentó un porcentaje inferior (82%) en esta categoría, y además registró el mayor porcentaje de frutos considerados “de segunda”, ubicados en el rango de 100 a 150 g.

Tabla 19

Distribución porcentual del peso de frutos comerciales en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero en dos fechas (enero y febrero) con plantines de distinta edad (convencional y mayor edad)

Frutos cosechados (%)				
Tratamientos			100 a 150 g	+ 150 g
Enero	Convencional	T1	5	95
	Mayor edad	T2	6	94
Febrero	Convencional	T3	16	84
	Mayor edad	T4	4	96

•

-

Calibre de los Frutos

La Tabla 20 presenta la distribución porcentual de los calibres (diámetro ecuatorial) de los frutos comerciales cosechados, siguiendo las normas de tipificación establecidas en la resolución 297-1983 del Ministerio de Agroindustria (1983). Los resultados muestran que para todos los tratamientos, el calibre mediano fue el más predominante, representando en promedio un 82% de los frutos. Por el contrario, se observaron porcentajes menores de tomates de calibre chico y grande. Al analizar los calibres específicos en cada tratamiento, se encontró que T3 presentó el mayor porcentaje de frutos de calibre chico, mientras que T4 lideró en el intervalo correspondiente a frutos medianos y mostró el menor porcentaje de frutos grandes. En la Tabla 20 se detallan los calibres (diámetro ecuatorial) de los frutos cosechados, los cuales siguieron el mismo patrón de distribución que para el peso individual, en promedio el 84% de los mismos fueron de calibre mediano (6 a 7.5 cm) de diámetro ecuatorial.

-

•
Tabla 20

Distribución porcentual del calibre de frutos comerciales en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero en dos fechas (enero y febrero) con plantines de distinta edad (convencional y mayor edad)

Tratamientos		Frutos cosechados (%)			
		Chicos (4 a 6 cm)	Medianos (6 a 7.5 cm)	Grandes (+ 7.5 cm)	
Enero	Convencional	T1	3 b	81 a	16 a
	Mayor edad	T2	5 b	82 a	13 a
Febrero	Convencional	T3	11 a	75 b	14 a
	Mayor edad	T4	2 b	89 a	9 b

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Rendimiento Total

Los rendimientos totales alcanzados en el ensayo, teniendo en cuenta tanto los frutos comerciales como los frutos de descarte se presentan en la Tabla 21.

•

•
Tabla 21

Rendimiento total alcanzado en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero a dos edades de plantín (convencional y mayor edad) en dos fechas (enero y febrero)

Tratamientos			Rto. total (t.ha ⁻¹)
Enero	Convencional	T1	237 a
	Mayor edad	T2	216 a
Febrero	Convencional	T3	121 b
	Mayor edad	T4	210 a

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

En promedio, los tratamientos que partieron de plantines de mayor edad (T2 y T4) obtuvieron un rendimiento total 16% superior a los convencionales (T1 y T3).

Rendimiento Comercial

En la Tabla 22 se puede observar la totalidad de frutos comerciales (descontando los descartes) obtenidos a lo largo del ciclo de cosecha para cada tratamiento:

•

•
Tabla 22

Rendimiento comercial en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero a dos edades de plantín (convencional y mayor edad) en dos fechas (enero y febrero)

Tratamientos		Rendimiento (t.ha ⁻¹)	
Enero	Convencional	T1	192 a
	Mayor edad	T2	156 ab
Febrero	Convencional	T3	114 b
	Mayor edad	T4	195 a

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Se logró prácticamente el mismo rendimiento con un plantín de convencional trasplantado en enero (práctica de manejo utilizada actualmente) que con uno de mayor edad trasplantado en febrero (alternativa de manejo propuesta en este ensayo), siendo incluso este tratamiento levemente superior (195 t.ha⁻¹ vs. 192 t.ha⁻¹) sin ser significativamente dicha diferencia. En promedio, los plantines de mayor edad obtuvieron un rendimiento comercial 13% superior que los convencionales. Con lo cual se puede confirmar la hipótesis planteada que afirma que se pueden alcanzar los mismos rendimientos o incluso mayores a los obtenidos con un manejo convencional.

•

•
Descartes

Durante las cosechas se contabilizaron los frutos comerciales y al mismo tiempo se individualizaron los frutos considerados como descarte. Estos fueron clasificados según la causa.

El descarte expresado en t.ha⁻¹ puede observarse en la Tabla 23.

Tabla 23

Descarte en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero a dos edades de plantín (convencional y mayor edad) en dos fechas (enero y febrero)

Tratamientos		Descarte (t.ha ⁻¹)	
Enero	Convencional	T1	45 a
	Mayor edad	T2	60 a
Febrero	Convencional	T3	7 b
	Mayor edad	T4	15 b

Nota. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

En este caso, al analizar los descartes y comparar las fechas de trasplante, se evidencia una diferencia significativa. Los tratamientos trasplantados en febrero, tanto para las plantines de mayor edad (T3 y T4) como para los convencionales (T1 y T2), presentaron un descarte promedio un 79% menor en comparación con aquellos trasplantados en enero. Por otro lado, al comparar los tratamientos de mayor edad con los convencionales, se observó un aumento

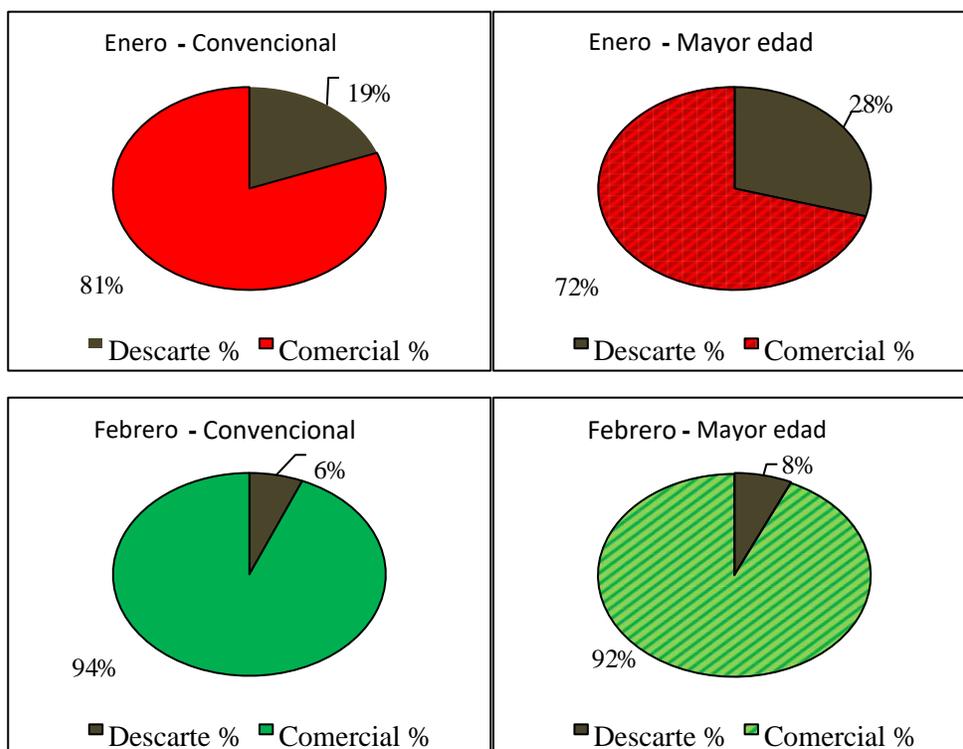
•

•
del 30% en el descarte para T2 y T4, lo que indica un mayor impacto negativo en términos de calidad y rendimiento. de las plantas

En la Figura 38 se puede observar el descarte expresado como porcentaje del total de frutos cosechados.

Figura 38

Porcentaje de frutos descartados y comerciales en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero a dos edades (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero)



•

- Los porcentajes de descarte (Figura 38) fueron más importantes en los tratamientos de enero (tanto plantín convencional como de mayor edad) que en los de febrero. Esto concuerda parcialmente con lo expresado por Martínez *et al.* (2008), donde establecen que el adelanto de la fecha de siembra incrementa la cantidad de frutos de descarte. En este caso, el adelanto de la fecha de siembra manteniendo el momento de trasplante, implica un plantín de mayor edad; y se puede ver en los resultados obtenidos que bajo la misma fecha de trasplante (enero) al adelantar la fecha de siembra (T2) se obtuvieron porcentualmente más frutos de descarte (28% vs 19%).

Lo mismo ocurre con los trasplantes de febrero, pero esta diferencia fue casi insignificante (6% vs 8%). Analizando en conjunto todos los tratamientos, se puede concluir que los plantines trasplantados en enero fueron los que mayor porcentaje de descarte evidenciaron comparados con los trasplantados en febrero.

Causas del descarte

Las principales causas de descarte fueron: frutos rajados; tamaño (menor a 100 g y mayor a 400 g), blossom end rot (BER) o podredumbre apical del fruto, zippering.

-

Tabla 24

Participación porcentual de las causas de descarte en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero a dos edades de plantín (convencional y mayor edad) en dos fechas (enero y febrero)

Tratamientos			Descarte (%)			
			Rajado	Zippering	BER	Tamaño
Enero	Convencional	T1	63	10	3	24
	Mayor edad	T2	71	15	0	14
Febrero	Convencional	T3	17	11	4	68
	Mayor edad	T4	42	9	4	45

Como puede apreciarse en la Tabla 24 la mayor causa de descarte fue por tamaño, en el tratamiento T3, seguido por los frutos rajados (o cracking) en el tratamiento T2. En el caso de los plantines de mayor edad trasplantados en febrero (T4) también sufrieron descarte de frutos rajados y por tamaño en similares proporciones (42% y 45%) mientras que en el plantín convencional trasplantado en enero (T1) la mayor causa se debió al cracking o rajado de frutos.

-

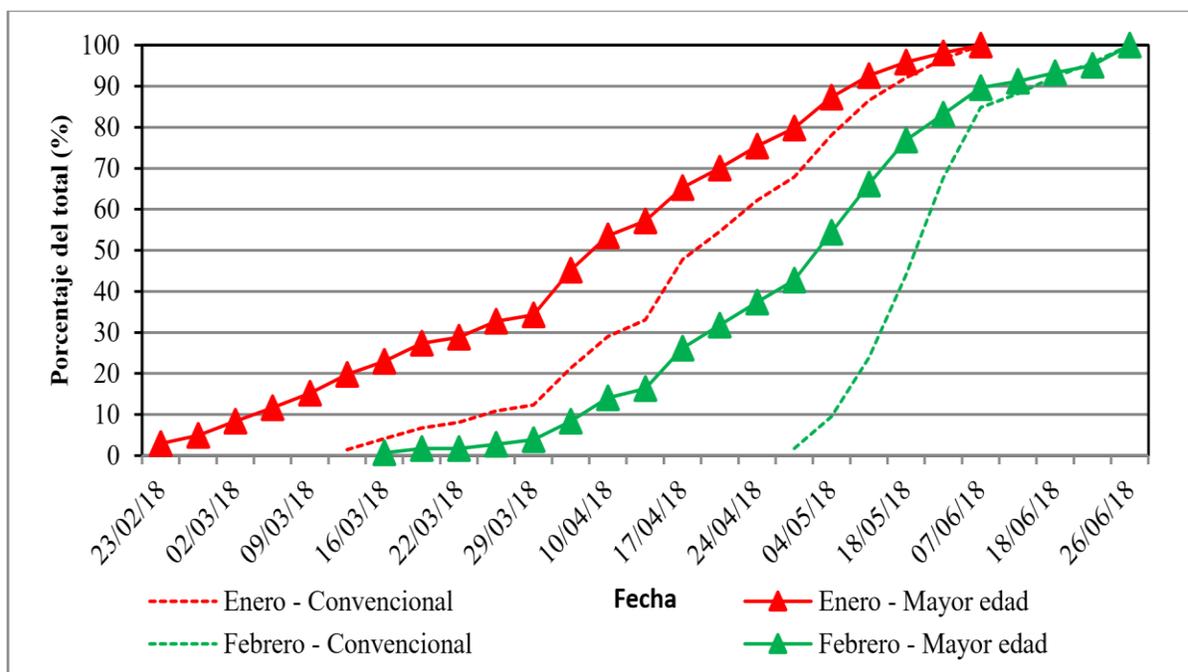
Distribución Porcentual de la Cosecha y del Rendimiento Comercial por Fecha

Tanto el momento de inicio de la cosecha como la distribución de la misma a lo largo del tiempo fueron distintos para los tratamientos. En la Figura 39 se muestra el porcentaje del total acumulado en cada momento. Se puede observar que el tratamiento en el cual la cosecha estuvo distribuida en mayor intervalo de tiempo es el tratamiento T2, mientras que el que alcanzó el 100% de su cosecha en menor tiempo fue T3 (61 días). En promedio, en los tratamientos de mayor edad al trasplante sus cosechas se distribuyeron en un periodo de días 30% mayor que en los tratamientos de plantines convencionales.

-

•
Figura 39

Porcentaje de la cosecha acumulada en un cultivo de tomate cv. Elpida trasplantado a invernadero con dos edades de plantín (Convencional y Mayor edad) en dos fechas (Enero y Febrero).

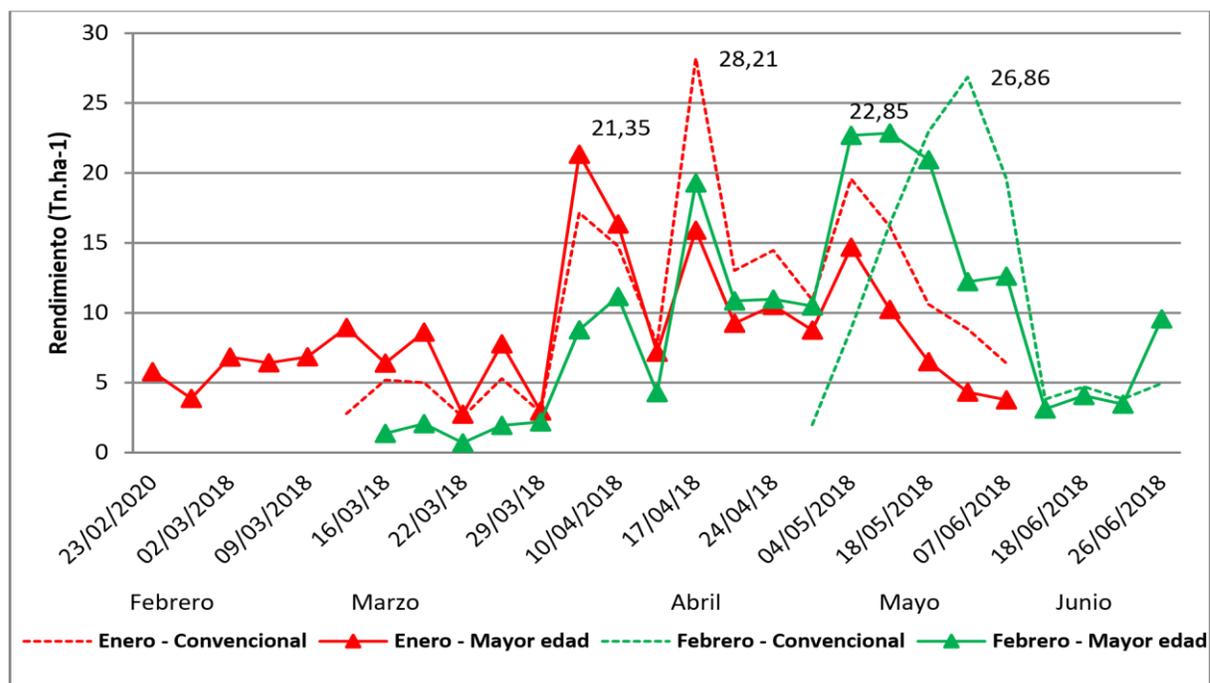


En la Figura 40 se ven los rendimientos de cada tratamiento en cada cosecha a lo largo del ciclo del cultivo.

•

•
Figura 40

Rendimiento de plantas de tomate cv. Elpida trasplantadas a invernadero en enero y febrero con dos edades de plantín (Convencional y Mayor edad).



Al analizar los rendimientos en cada fecha de cosecha se pueden diferenciar varios picos máximos de cosecha en algunos tratamientos (T1, T2 y T4) y uno solo para T3, cuyo inicio de cosecha, aproximado al final del ciclo, provocó que el 90% del total de frutos obtenidos en este tratamiento se concentraron en un intervalo de días (53) menor que el resto de los tratamientos. Si bien los tratamientos de plantines trasplantados en enero (T1 y T2) iniciaron su cosecha en distintos momentos, durante este periodo sus pendientes, picos máximos y

•

- mínimos fueron similares a lo largo de las fechas de cosecha como puede observarse en la Figura 39.

No ocurrió lo mismo con los trasplantes de febrero (T3 y T4), en los cuales no coincidieron los picos productivos porque como ya fue nombrado anteriormente, T3 (plantín convencional trasplantado en febrero) concentró la mayor parte de sus cosechas en menor cantidad de días y hacia la segunda mitad del ciclo total (Figura 40).

Conclusiones

Dadas las condiciones de este ensayo se puede concluir que:

- Los plantines de mayor edad trasplantados en febrero (T4) requirieron menor cantidad de días a iniciación floral; tanto desde la siembra como desde el trasplante.

- Se obtuvo precocidad en los tratamientos de mayor edad (T2 y T4) requiriendo un 38% menor cantidad de días desde trasplante a inicio de cosecha que los convencionales (T1 y T3)

- Los plantines de mayor edad (T2 y T4) alcanzaron en promedio rendimientos comerciales un 13% superior que los plantines convencionales (T1 y T3).

- Los plantines de mayor edad (T4 y T2) tuvieron un ciclo de cosecha que se extendió un 30% más que en los plantines convencionales (T1 y T3).

- Entre el 85 y 96% de los frutos cosechados comerciales se ubicaron en el rango mayor a 150 g considerados frutos “de primera”. No se observaron diferencias en la

-

- distribución de los tamaños en función de los tratamientos. Lo mismo se observó en el diámetro ecuatorial (calibre), donde el mayor porcentaje (promedio 85%) de los frutos se encontraron dentro del rango 150 a 300 g.

- Las causas de descarte más relevantes fueron: frutos rajados y fuera de tamaño. Los plantines trasplantados en febrero (T3 y T4) en promedio obtuvieron un 70% menor cantidad de frutos no comerciales que los trasplantes de enero (T1 y T2).

- En los tratamientos de mayor edad al trasplante (T2 y T4) sus cosechas se distribuyeron en un periodo de días 30% mayor que en los tratamientos de plantines convencionales (T1 y T3).

Bajo las condiciones de este experimento y habiendo evaluado los resultados de rendimiento, fechas de inicio de cosecha, peso y calibre de los frutos, descartes, magnitud y duración de ciclo productivo se puede aceptar la hipótesis planteada. El rendimiento y la precocidad del cultivo de tomate tardío cv. Elpida bajo cubierta en el cinturón hortícola platense se ven influenciados por la edad de los plantines y la fecha del trasplante.

-

•

Capítulo 6

Conclusiones Generales

•

-

Conclusiones generales

El presente trabajo puso a prueba una alternativa de manejo para una producción de tomate para consumo fresco de producción tardía en invernadero en el cinturón hortícola platense. Explícitamente se evaluaron dos edades de plantín (convencional y mayor) en dos momentos de trasplante (enero y febrero), pero estos factores abarcaban implícitamente otras características como son la edad cronológica y fisiológica de los plantines y el volumen de celdas de las bandejas de cultivo y macetas (relacionada al tamaño de plantín y tiempo de permanencia en plantinera), condiciones agroclimáticas diferenciales durante el ciclo completo de cultivo ya que esto estuvo influenciado por la fecha en la que los plantines de cada tratamiento fueron trasplantados y cuánto tiempo previo permanecieron en la plantinera comercial.

Calidad de Plantín

En cuanto a los parámetros biométricos de los plantines que se utilizaron para evaluar su calidad, en este caso la edad (medida en tiempo cronológico y en unidades de tiempo térmico) tuvo mayor influencia que la fecha de trasplante. Los tratamientos T2 y T4 (mayor edad y trasplante en enero y febrero respectivamente) presentaron superioridad estadísticamente significativa en los parámetros:

- diámetro de tallo
- número de hojas

-

- - longitud de entrenudos
 - peso fresco radical
 - firmeza de tallo
 - sólidos solubles totales en tallo.

Solo en el tratamiento T4 se encontraron valores superiores al resto (T1, T2 y T3) en:

- altura de planta
- área foliar por planta
- peso fresco aéreo
- relación parte aérea: raíz
- volumen de raíz

Estrés Oxidativo

Al analizar la actividad de las enzimas antioxidantes para conocer el nivel de estrés oxidativo de los plantines al momento del trasplante se obtuvo que:

- Los plantines de mayor edad (T2 y T4) evidenciaron mayor actividad de la enzima CAT.
- Los plantines de edad convencional trasplantados en enero (T1) evidenciaron el mayor nivel de TBARS indicando mayor peroxidación lipídica de la membrana
-

-

Fenología

Los registros fenológicos indicaron que la edad del plantín y la fecha del trasplante tuvieron influencia en el comportamiento durante el ciclo del cultivo a través de:

- altura de planta y su incremento relativo a lo largo del ciclo
- diámetro de tallo
- evolución del número de hojas
- número de hojas previas a primera inflorescencia
- índice de área foliar
- tasa de aparición de inflorescencias

Comportamiento Productivo

Por último, el comportamiento productivo los resultados obtenidos indicaron que:

- Los plantines de mayor edad trasplantados en febrero (T4) requirieron menor cantidad de días cronológicos a iniciación floral.
- Se obtuvo precocidad en la cosecha en los tratamientos de mayor edad (T2 y T4)
- Los plantines de mayor edad (T2 y T4) alcanzaron en promedio rendimientos comerciales un 13% superior.

-

- - El largo del ciclo de cosecha fue 30% superior para los tratamientos que partieron de plantines de mayor edad (T4 y T2).
 - Las causas de descarte más relevantes fueron: frutos rajados y fuera de tamaño.
 - Los plantines trasplantados en febrero (T3 y T4) en promedio obtuvieron un 70% menor cantidad de descartes que los trasplantes de enero (T1 y T2).
 - En los tratamientos de mayor edad al trasplante (T2 y T4) la cosecha se extendió por un periodo de tiempo 30% mayor que en los tratamientos de plantines convencionales (T1 y T3).

Conclusión Final

Dadas las condiciones en que se realizó este trabajo, se puede concluir que la propuesta de manejo alternativa para un cultivo de tomate de producción tardía en el cinturón hortícola platense, que consistió en trasplantar en una fecha diferente (febrero en lugar de enero) un plantín de mayor edad (en lugar de uno convencional):

- Resultó factible desde el punto de vista técnico agronómico
- Los plantines de mayor edad presentaron parámetros de calidad aceptables al trasplante
- Si bien los plantines de mayor edad fueron sometidos a condiciones ambientales más estresantes (mayores temperaturas) el sistema antioxidante fue eficiente en mantener la
-

- homeostasis de óxido-reducción intracelular ya que no se observó daño en las membranas (TBARS)

- Los plantines de mayor edad superaron con éxito el estrés del trasplante reiniciando su crecimiento vegetativo.

- Implicó precocidad en la cosecha.

- Se logró el cultivo sin resignar rendimiento.

- El largo del periodo de cosecha se vio afectado positivamente

- Se obtuvo menor cantidad de frutos de descarte.

-

Recomendaciones para Considerarse a Futuro

Del presente trabajo surgen nuevos interrogantes que permiten hacer las siguientes recomendaciones con miras a futura líneas de investigación:

- Evaluar plantines desarrollados en volúmenes de celda intermedios a los utilizados en este ensayo.

- Elaborar una tipificación nueva para estandarizar parámetros biométricos de plantines de mayor edad ya que los disponibles en la actualidad se refieren a plantines convencionales.

- Realizar mayor número de repeticiones para análisis de estrés en laboratorio y evaluar el estado de estrés oxidativo en momentos claves del ciclo como iniciación floral y/o inicio de cosecha.

-

- - Incluir un análisis económico para relacionar las fluctuaciones del precio en mercado del tomate y los picos productivos y así lograr una recomendación de manejo para los productores de tomate de la zona con hincapié en los potenciales resultados económicos.

-

•
•

Referencias

•

•

Referencias

- Ahammed, G. J., Li, X., Zhou, J., Zhou, Y. H., & Yu, J. Q. (2016).** Role of hormones in plant adaptation to heat stress. In *Plant hormones under challenging environmental factors* (pp. 1-21). Springer, Dordrecht.
- Almaguer Sierra, P., Rodríguez-Fuentes, H., Barrientos Lozano, L., Mora Ravelo, S. G., y Vidales-Contreras, J. A. (2014).** Relación entre grados-día y la producción de *Opuntia ficus-indica* para consumo humano en Marín, Nuevo León. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(6), 1055-1065.
- Aloni, B. T., Pashkar, L. Karni; (1991).** Partitioning of [¹⁴C] sucrose and acid invertase activity in reproductive organs of pepper plants in relation to their abscission under heat stress. *Ann Bot* 1991; 67 (5): 371-377
- Andrade, F.; Cirilo A.; Uhart S. y M. Otegui. (1996).** *Ecofisiología del cultivo de maíz.* Dekalbpres. 15 - 39
- Apel, K., & Hirt, H. (2004).** Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 55, 373-399.
- Aravena, J. (2018).** Crecimiento y calidad de plantines de lechuga (*Lactuca sativa* L.), según tipo de fertilizante y tamaño de celda utilizado en almácigo (Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Luján).
- Balliu, A., Sallaku, G., & Nasto, T. (2017).** Nursery management practices influence the quality of vegetable seedlings. *Italus Hortus*, 24(3), 39-52.
-

•

Baxter, A., Mittler, R., & Suzuki, N. (2014). ROS as key players in plant stress signalling.

Journal of experimental botany, 65(5), 1229-1240.

Becana, M., Aparicio-Tejo, P., Irigoyen, J. J., & Sanchez-Diaz, M. (1986). Some

enzymes of hydrogen peroxide metabolism in leaves and root nodules of *Medicago sativa*. Plant Physiology, 82(4), 1169-1171

Belosi, H. M. (2018). Evaluación del uso de distintas mezclas de sustratos y un promotor de crecimiento sobre plantines de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) producidos en bandejas de germinación (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Luján)

https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/rediunlu/541/Belosi_Hernan_Martin_TF_G.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Bello, A., J.A.; López-Pérez, M.A.; Diez Rojo, J.; López Cepero, A.y García-Álvarez, A.

(2008) Principios ecológicos en la gestión de los agrosistemas. Arbor Vol. 184 (729):19-29

Bouzo, C.; Favaro, J.C. & Pilatti, R. (2000). Efecto del tamaño del contenedor en la producción de plantines y la precocidad en tomate. Resumen XXIII Congreso Argentino de Horticultura. Mendoza. 26 al 30 de Setiembre de 2000. pp: 44.

Bouzo, C. A., & Favaro, J. C. (2015). Container size effect on the plant production and precocity in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science, 21(2), 325-332.

•

•

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254.

Brown, D. M. (1975). Heat units for corn in Southern Ontario. Factsheet Ministry of Agriculture and Food Ontario (Canada). no. 111/31.

Bucco, N., & Berardo, J. M. (2017). Producción de plantas injertadas de tomate a dos y cuatro ramas y cultivadas en suelo infectado de nematodos (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/63581/Documento_completo.pdf?sequence=1

Cantliffe, D. J. (2009). Plug transplant technology. *Horticultural Reviews*, 35, 397-436.

Carbone, A. , Martínez, S., Morelli, G. & Garbi, M. (2017). Índice de esbeltez como parámetro cuantitativo de la calidad morfológica en plantines de tomate injertado. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, volumen 52. XXXVI Jornadas Argentinas de Botánica. Mendoza 18-22 de septiembre 2017. pp 272.

Carmi, A. (1993). Effects of root zone restriction on amino acid status and bean plant growth. *Journal of experimental botany*, 44(7), 1161-1166.

Carmi, A., Hesketh, J. D., Enos, W. T., & Peters, D. B. (1983). Interrelationships between shoot growth and photosynthesis, as affected by root growth restriction. *Photosynthetica*, 17(2), 240-245.

•

- **Carter, G. A., & Spiering, B. A. (2002).** Optical properties of intact leaves for estimating chlorophyll concentration. *Journal of environmental quality*, 31(5), 1424-1432.
- Castagnino, A. M., Díaz, K., Fernandez Lozano, J., Guisolis, A. P., Liverotti, O., Rosini, M. B., & Sasale, S. (2020).** Panorama del sector hortícola argentino: 1. Caracterización y prioridades de la horticultura nacional.
- Chance, B. H. Sies & A. Boveris. (1979).** Hydroperoxide metabolism in mammalian organism. *Physiol Rev.* 59:527-605.
- Cho, U. H., & Park, J. O. (2000).** Mercury-induced oxidative stress in tomato seedlings. *Plant science*, 156(1), 1-9.
- Close, D. C., Beadle, C. L., & Brown, P. H. (2005).** The physiological basis of containerized tree seedling 'transplant shock': a review. *Australian Forestry*, 68(2), 112-120.
- Cobas López M., Román Acosta L., Padilla Torres G. (2016).** Atributos morfológicos de la planta de *Gmelina arborea* roxb. cultivada en tubetes. *Revista Forestal Baracoa* 35:1-7.
- Cooper, P. E., C. R. Stark, P. B. Francis, A. Gibson, J. Green, M. McGraw, and B. Truax. (2002).** The effect of tomato transplant container size on yield and quality of fresh-market tomatoes. Arkansas Agricultural Experiment Station. Horticultural Studies. Research series 494. 3 p
-

- **Costas, A.M. & Parra, P.A. (2006).** La estructura cambiante de la horticultura en la Provincia de Buenos Aires. *Boletín Hortícola* N° 35. pp. 28-29.
- Cremaschi, G., Andreau, R., Martinez, S., Garbi, M., Morelli, G., & Bidondo, D. (2012).** Effect of transplanting date on the phenology and production of 4 tomato (*lycopersicon esculentum* mill.) hybrids grown under greenhouse. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 927 (pp. 301-308).
- Cuellas, M., Amoia, P., & Delmazzo, P. (2019).** Efecto de diferentes tratamientos de desinfección del suelo sobre las propiedades edáficas. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(1), 26-37.
- Del C Moreno Pérez, E., Mora Aguilar, R., Sánchez del Castillo, F., & García-Pérez, V. (2011).** Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(SPE2), 5-18.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, Y. C. (2011).** InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>, 8, 195-199.
- Dorais, M., Papadopoulos, A. P., & Gosselin, A. (2001).** Greenhouse tomato fruit quality. *Hort. Rev.* 26, 239-319.
- Fang, S., Clark, R. T., Zheng, Y., Iyer-Pascuzzi, A. S., Weitz, J. S., Kochian, L. V., ... & Benfey, P. N. (2013).** Genotypic recognition and spatial responses by rice roots. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(7), 2670-2675.
-

- **FAO. (2001).** Depósito de documentos de la FAO.
<http://www.fao.org/DOCREP/006/X8234S/X8234S00.HTM>.

- Fogel, M. (2012).** Selectividad de insecticidas utilizados en cultivos hortícolas del Cinturón Hortícola Platense sobre el depredador *Eriopsis connexa* en el marco del Manejo Integrado de Plagas (Disertación doctoral, Universidad Nacional de La Plata).http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18096/Documento_completo.pdf%3Fsequence%3D

- Fontana, M., Pérez, V., & Luna, C. (2018).** Efecto del origen geográfico en la calidad morfológica de plantas de *Prosopis alba* (Fabaceae). *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 593-604.

- Frezza, D. (2018).** "Tomate (*Solanum lycopersicum*)" En A. Chiesa (Ed.) *Hortalizas: Ecofisiología, tecnología de producción y poscosecha* (pp. 229-260). Argentina, Hemisferio Sur.

- Gabriel, J., Veramendi, S., & España, P. (2013).** Validación de marcadores moleculares para resistencia a sequía en trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) bajo condiciones de invernadero. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 4(1), 2-17.

- Galatro, A., Simontacchi, M., & Puntarulo, S. (2001).** Free radical generation and antioxidant content in chloroplasts from soybean leaves exposed to ultravioletB. *Physiologia Plantarum*, 113(4), 564-570.

-

•

Gandolfi, A. (2013). Ajuste metodológico para la producción de plantines hortícolas y florales en el departamento Federación, provincia de Entre Ríos. Tesis Especialización. Universidad Nacional del Litoral. Biblioteca Virtual UNL.

Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Martínez, S.B. & Gimenez, D. (2006). Relaciones entre el desarrollo del cultivo de tomate, la cantidad de días desde el trasplante y la suma de temperatura acumulada. Revista Brasileira de Agrometeorología 14:168-173.

Gatti, M. A. (2010). Efectos del volumen de celda, la edad de transplante y la poda sobre la productividad del cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) (Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Litoral). Biblioteca Virtual Universidad Nacional del Litoral.<https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/xmlui/bitstream/handle/11185/260/tesis.pdf>

Gerszberg, A., Hnatuszko-Konka, K., Kowalczyk, T., & Kononowicz, A. K. (2015). Tomato (*Solanum lycopersicum L.*) in the service of biotechnology. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 120, 881-902.

Grimaldi, M. C., Martínez, S. B.; Garbi, M. y G. Morelli. (2003). Unidades calóricas acumuladas en un cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) bajo invernadero plástico. Revista Brasileira de Agrometeorología, Santa María, v11, n.2, pp 379-383.

•

- **Guaymasí, D., Garbi, M., Morelli, G., & Martínez, S. (2018).** Days and thermal time to flowering and fructification of Solanaceae crops cultivated under greenhouse in La Plata. *Horticultura Argentina*, 37(92), 34-41.
- Guaymasí, D. V. (2015).** Estudio de la respuesta fenológica a través de la determinación del tiempo térmico de las solanáceas más producidas en el Cinturón Hortícola Platense (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Hang, G., Seibane, C., Larrañaga, G., Kebat, C., Bravo, M. L., Ferraris, G., Ontaño, M. & Blanco, V. (2007).** Comercialización y consumo de tomate en la Plata, Argentina. Un enfoque mediante el análisis de la cadena agroalimentaria. *Bioagro*, 19(2), 99-107.
- Heath R.L., Packer, L. (1968)** Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch Biochem Biophys* 125: 180-198
- Heuvelink, E., & Okello, R. C. (2018).** Developmental processes. In *Tomatoes* (Vol. 27, pp. 59-88). Wallingford, UK: CABI.
- Jankauskienė, J., Brazaitytė, A., Bobinas, Č. & Duchovskis, P. (2013).** Effect of transplant growth stage on tomato productivity. *Acta Scientiarum Polonorum: Hortorum Cultus*, 12(2), 143-152.
- Jaramillo, J.; Rodriguez, V.; Guzmán, M. & Zapata, M. (2006).** El cultivo de tomate bajo invernadero. CORPOICA C. I. La Selva y Minagricultura. Colombia. *Boletín Técnico* No. 21. 48p.
-

- **Kemble, J. M., Davis, J. M., Gardner, R. G., & Sanders, D. C. (1994).** Spacing, root cell volume, and age affect production and economics of compact-growth-habit tomatoes. *HortScience*, 29(12), 1460-1464.
 - Korner, C., Pelaez, M. R. S., & John, P. C. L. (1989).** Why are bonsai plants small? A consideration of cell size. *Functional Plant Biology*, 16(5), 443-448.
 - Kozai, T., Shibuya, T., He, D., Zobayed, S., & Chun, C. (2016).** Transplant production in closed systems. *Plant factory: An indoor vertical farming system for efficient quality food production*. Academic Press Elsevier, Boston, USA, 237-242.
 - Laurente Paico, M. C. (2021).** Producción y trasplante de plantines de hortalizas. Repositorio institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4974/laurente-paico-maria-celestina.pdf?sequence=1
 - Lenscak, M. P., & Iglesias, N. B. (2019).** Invernaderos: tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino (del paralelo 23 al 54). INTA Ediciones. Repositorio Institucional Biblioteca Digital.
 - Leonardi, C., & Giuffrida, F. (2008).** Is the agronomic quality of tomato seedlings related to their characteristics at transplanting? In *International Symposium on Strategies Towards Sustainability of Protected Cultivation in Mild Winter Climate* 807 (pp. 597602).
-

- **Leskovar, D. I. (2001).** Producción y ecofisiología del trasplante hortícola. Texas A y University. https://web.archive.org/web/20180509013224id_/http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio1/Curso.pdf
- Leskovar, D. I. (2020).** Transplanting. *The Physiology of Vegetable Crops*, 2nd ed.; Wien, HC, Stützel, H., Eds, 31-60.
- Liu, A., & Latimer, J. G. (1995).** Water relations and abscisic acid levels of watermelon as affected by rooting volume restriction. *Journal of experimental botany*, 46(8), 10111015.
- Lopes, M. C., & Goto, R. (2003).** Produção do híbrido Momotaro de tomateiro, em função da enxertia e do estágio das mudas no plantio. *Horticultura Brasileira*, 553-557.
- Luna, C. V. (2019).** Evaluación de sustratos y concentraciones de fertilizantes sobre el crecimiento de pino tadea (*Pinus taeda* L.) en vivero. *Revista agronómica del noroeste argentino*, 39(1), 19-29.
- Magar, A. P., Nandede, B. M., Chilur, R., Gaikwad, B. B., & Khadatkhar, A. (2021).** Optimization of growing media and pot size for vegetable seedlings grown in cylindrical paper pots using response surface methodology. *Journal of Plant Nutrition*, 1-10.
- Martinez, S., Garbi, M., Andreau, R., Grimaldi, M.C., Morelli, G. & Somoza, J. (2008).** Efecto de la época de siembra sobre plantines de tomate y su influencia en la producción inicial del cultivo en un invernadero plástico en La Plata, Argentina. XII
-

- Reunión Argentina de Agrometeorología, 8 al 10 de octubre de 2008. San Salvador de Jujuy - Argentina.
- Martínez Moya, J. J. (2014).** Evaluación del uso de un aislado fúngico micopatógeno aplicado en sustrato en plántulas de melón. Repositorio Universidad de Almería. <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/2636/Trabajo.pdf?sequence=1>
- Martínez-Gutiérrez, G. A., Morales, I., Aquino-Bolaños, T., Escamirosa-Tinoco, C., & Hernández-Tolentino, M. (2016).** Substrate volume and nursery times for earliness and yield of greenhouse tomato. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 897-902.
- Masarirambi, M. T., Mhazo, N., Oseni, T. O., & Shongwe, V. D. (2009).** Common physiological disorders of tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruit found in Swaziland. *J. Agric. Soc. Sci*, 5, 123-127.
- McGuire, R. G. (1992).** Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Mendoza, M. D. L. N. R., González, G. A., Santelises, A. A., Barra, J. D. E., & Rincón, J. A. S. (1998).** Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoamericana*, 16(2), 135-141.
- Ministerio de Agroindustria. (1983).** Resolución 297-1983: Normas de tipificación de frutos comerciales. Disponible en <http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-297-1983-ministerio-de-agroindustria>
-

- **Miranda, M. (2017).** Superficie de cultivo bajo cubierta en el Gran La Plata, análisis espacial son Sistemas de Información Geográfica -SIG. Periurbanos hacia el consenso. Córdoba. Disponible en:
https://docs.wixstatic.com/ugd/c7b21d_eeccb8feccd14c6f9593ba7c174d3ac0.pdf
- Mitidieri, M.S.; Constantino, A. & Corbino, G. (2012).** Introducción. En: Manual de horticultura periurbana. Mitidieri, M.S. y Corbino, G. Eds. 1a ed. – San Pedro, Buenos Aires: Ediciones INTA. 2012.
- Mitidieri, M. S., Piris, E. B., Brambilla, M. V., Barbieri, M. O., Cap, G. B., Gonzalez, J., Del Pardo, K., Ciapone, M., Celié, R., Arpía, E., Paunero, I., & Sanchez, F. (2015).** Evaluación de parámetros de rendimiento y sanidad de dos híbridos comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) injertados sobre *Solanum sisymbriifolium* (Lam.), en un invernadero con suelo biosolarizado.
- Mugnai, S. & Al-Debei, H.S. (2011).** Growth reduction in root-restricted tomato plants is linked to photosynthetic impairment and starch accumulation in the leaves. *Advances in horticultural Science* 25(2): 1-7.
- Navarro, G. M. (2014).** Manejo del Estrés por Temperatura en Cultivos Hortícolas. Curso de capacitación Intagri. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/estres-vegetal-parte2estres-por-bajas-temperaturas>
- Ne Smith, D. & Duval, J. (1998).** The Effect of Container Size. *HortTechnology* 8: 495498.
-

- **Oagile, O., Gabolemogwe, P., Matsuane, C., & Mathowa, T. (2016).** Effect of container size on the growth and development of tomato seedlings. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(4), 890-896.
- Ogawa, K. I. (2005).** Glutathione-associated regulation of plant growth and stress responses. *Antioxidants & redox signaling*, 7(7-8), 973-981.
- Olson, S. M. (2004).** Physiological, nutritional, and other disorders of tomato fruit. *EDIS*, 2004(3).
- Orzolek, M. D., Lamont, W. J., & White, L. (2004).** Promising horticultural crops for production in high tunnels in the mid-Atlantic area of the United States. In *XXVI International Horticultural Congress: Protected Cultivation 2002: In Search of Structures, Systems and Plant Materials for 633* (pp. 453-458).
- Pandiyaraj, P. (2017).** Modern nursery raising systems in vegetables. *International Journal of Agriculture Sciences*, ISSN, 0975-371
- Paradičković, N., Teklić, T., Zeljković, S., Lisjak, M., & Špoljarević, M. (2019).** Biostimulants research in some horticultural plant species—A review. *Food and Energy Security*, 8(2), e00162.
- Peet, M. M. (2008).** Physiological disorders in tomato fruit development. In *International Symposium on Tomato in the Tropics 821* (pp. 151-160).

•

- **Peterson, T. A., Reinsel, M. D., & Krizek, D. T. (1991).** Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. 'Better Bush') plant response to root restriction. *Journal of experimental botany*, 42(10), 1241-1249.
- Ploeg, A., & Stapleton, J. (2001).** Glasshouse studies on the effects of time, temperature and amendment of soil with broccoli plant residues on the infestation of melon plants by *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. *Nematology*, 3(8), 855-861.
- Poorter, H., Bühler, J., van Dusschoten, D., Climent, J., & Postma, J. A. (2012).** Pot size matters: a meta-analysis of the effects of rooting volume on plant growth. *Functional Plant Biology*, 39(11), 839-850.
- Quenta Caipa, D. Á. (2013).** Influencia de tres volúmenes de contenedor y cuatro edades de transplante en el rendimiento y calidad del brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica* Plenck) CV. Legacy, en Pocollay.
- Rieger, M., & Marra, F. (1994).** Responses of young peach trees to root confinement. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(2), 223-228.
- Rípodas, J. I. (2018).** *Tratamientos no convencionales para el control de Nacobbus aberrans en acelga* (Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata).
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/65879/Documento_completo__.pdf?sequence=1

- **Rivero, M.L., Quiroga Martín, M.I., Gonzalez Erbin, O. & Moraga, L. (2013)**
 Postcosecha de tomate. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ficha_n_1__cosecha_3.pdf
- Sáenz R.J.T., Villaseñor Muñoz R.F., Rueda S.A. & Prieto R. (2010).** Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Editorial SAGARPA-INIFAPCIRPAC, México
- Salik, M. R., Muhammad, F., & Pervez, M. A. (2000).** Relationship between age of seedlings on productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) grown under plastic tunnel. *Pak. J. Biol. Sci.*,3(8), 1260-1261.
- Sánchez-del Castillo, F., Moreno-Pérez, E. D. C., Morales-Maza, A., Peña-Lomelí, A., & Colinas-León, M. T. (2012).** Densidad de población y volumen de sustrato en Plántulas de Jitomate (*Lycopersicum lycopersicon* Mill.). *Agrociencia*,46(3), 255-266.
- Scarpatti, N. (2020).** La producción de tomate en Argentina. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Dirección de producción Agrícola. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/produccion-tomate-argentina-diciembre-2020.pdf>
- Schrader, W. L. (2000).** Using transplants in vegetable production. Ucanr Publications. [https://books.google.com.ar/books?id=7vbt-BiA-rAC&dq=%E2%80%A2%09Schrader,+W.+L.+\(2000\).+Using+transplants+in+vegetable+production.+Ucanr+Publications.+&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s](https://books.google.com.ar/books?id=7vbt-BiA-rAC&dq=%E2%80%A2%09Schrader,+W.+L.+(2000).+Using+transplants+in+vegetable+production.+Ucanr+Publications.+&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

•

- **Sepúlveda, F., & Carrasco, J. (2014).** Validación de alternativas al bromuro de metilo como desinfectante de suelo en el Valle de Azapa. Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
 - Setubal J.W., Soares Leal H.A., Beofort C.C. (2005).** Efeito de diferentes substratos e tipos de bandejas na producao de mudas de meñao. Universidade Federal do piauí- Dep. de fitotecnia. Campus da Socopo, Teresina-Pi.
 - Shi, K., Ding, X. T., Dong, D. K., Zhou, Y. H., & Yu, J. Q. (2008).** Root restriction induced limitation to photosynthesis in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) leaves. *Scientia Horticulturae*, 117(3), 197-202.
 - Shi, K., W. H. Hu, D. K. Dong, Y. H. Zhou & J. Q. Yu, (2007).** Low O₂ supply is involved in the poor growth in root-restricted plants of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Environ. Exp. Bot.*, 61 (2): 181-189.
 - Shopova, N. & Cholakov, D., (2014).** Effect of the age and planting area of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedlings for late field production on the physiological behavior of plants. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 20: 173-177.
 - Singh, B. K., Munro, S., Potts, J. M., & Millard, P. (2007).** Influence of grass species and soil type on rhizosphere microbial community structure in grassland soils. *Applied Soil Ecology*, 36(2-3), 147-155.
 - Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017).** Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed Editora.
-

- Ternesí, M.A., Andrade, A.P., Jorrin, J. & Benlloch, M., (1994).** Root-shoot signalling in sunflower plants with confined root systems. *Plant Soil*, 166: 31-36.
- Ullé, J. Á. (2009).** Comportamiento post-transplante de tomates y berenjenas, provenientes de diferentes volúmenes de contenedor y mezclas de sustratos, a base de vermicompost, turba, perlita. Centro Regional Buenos Aires Norte, INTA.
- Urrestarazu Gavilán, M. (2015).** Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía. Ediciones Paraninfo, SA.
- Uzun, S. (2006).** The quantitative effects of temperature and light on the number of leaves preceding the first fruiting inflorescence on the stem of tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) and aubergine (*Solanum melongena* L.). *Scientia Horticulturae*, 109(2), 142-146.
- Vagnoni, R; Buyatti, M y Favaro J.C. (2014).** Efecto del tamaño de celda de bandejas de siembra sobre la morfología y fisiología de plantines de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ASAHO.
- Vavrina, C. S., & Arenas, M. (1997,).** Growth and yield of tomato as affected by transplant container cell size. In *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* (Vol. 110, pp. 264-265).
- Vavrina, C. S. (1998).** Transplant age in vegetable crops. *HortTechnology*, 8(4), 550-555.
- Vavrina, C. S., & Orzolek, M. D. (1993).** Tomato transplant age: A review. *HortTechnology*, 3(3), 313-316.
- Warnock, S. J. (1973).** Tomato development in California in relation to heat unit accumulation. *HortScience*, 8(6), 487-488.
-

- Weston, L.A. & B.H. Zandstra. (1986).** Effect of root container size and location of production on growth and yield of tomato transplants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:498501 Weston, L.A. and B.H.
- Wilches-Rojas, F. A., Álvarez-Herrera, J. G., Balaguera-Lopez, H. E., (2008).** Alveolus Size and different watering levels in the production of tomato seedlings. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 11 (2): 141151
- Willekens, H., Inzé, D., Van Montagu, M., & Van Camp, W. (1995).** Catalases in plants. *Molecular Breeding*, 1(3), 207-228.
- Zandstra, J. W., & Liptay, A. (1999,).** Nutritional effects on transplant root and shoot growth-A review. In VI Symposium on Stand Establishment and ISHS Seed Symposium 504 (pp. 23-32).
-