

**CULTIVO PROTEGIDO HIDROPÓNICO DEL TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill) UTILIZANDO PLÁNTULAS
PRODUCIDAS EN CELDAS DE DIFERENTE VOLUMEN Y EDAD DE
TRASPLANTE EN SANTA CLARA, SAN CARLOS.**

NATALIA SALAZAR RUIZ

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura
en Ingeniería en Agronomía

**TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2013

**CULTIVO PROTEGIDO HIDROPÓNICO DEL TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill) UTILIZANDO PLÁNTULAS
PRODUCIDAS EN CELDAS DE DIFERENTE VOLUMEN Y EDAD DE
TRASPLANTE EN SANTA CLARA, SAN CARLOS.**

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Carlos Ramírez Vargas, PhD.

Asesor

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MSc

Jurado

Ing. Agr. Sergio Torres Portuguez, MSc

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

Coordinador
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Alberto Camero Rey, MSc.

Director
Escuela de Agronomía

2013

DEDICATORIA

A mis padres porque gracias a ellos he logrado mis metas y soñar cada vez más alto, todo lo que soy y todo lo que tengo se los debo a ustedes... son mi ejemplo a seguir.

A mis abuelitos por hacerme valorar las cosas más pequeñas y chinearne siempre.

A mi novio por todo el apoyo, la ayuda, la paciencia y las risas.

Los amo con todo mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de cumplir mis sueños.

A mi familia y a mi novio por toda la ayuda, la paciencia, el apoyo y por no dejarme perder la paciencia en el último esfuerzo.

Al profesor Ing. Agr. Carlos Ramírez, por todo el apoyo y ayuda brindada durante la realización del proyecto y el conocimiento que compartió, ya que sé que me ayudará a ser una mejor profesional.

Al Ing. Gustavo Quesada por toda la ayuda e información facilitada para la realización del trabajo escrito de este proyecto.

A Lis, Mau, Auro, Pedro, Mario (Guavi), Marco (Chino), Andrés, Fernan, Ronny, Tavo, Johan, Eduardo y Marco por ayudarme cuando lo necesité, por las vaciladas, las trabajadas y todos los buenos momentos compartidos durante tanto tiempo.

A Lis también por toda la ayuda que me brindó, por las trabajadas juntas en el invernadero y por acompañarme siempre.

A Daniel, Oscar, Fernan, Ronny, Ronald y Pablo por toda la ayuda brindada durante la realización del proyecto de una u otra forma.

A Don Benjamín, Yendry, Andrea, Heidy, Marta y Carlitos por toda su amabilidad y por brindarme ayuda siempre que lo necesité durante todos estos años.

A todo el equipo de trabajo del departamento de mantenimiento por su amabilidad y ayuda en todo momento y en especial durante la realización de este proyecto.

A todos gracias.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general.....	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Hipótesis.....	4
1.3.1. Investigativa.....	4
1.3.2. Estadísticas.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Generalidades de cultivo.....	5
2.2. Utilización del trasplante en cultivo de tomate.....	6
2.3. Producción de almácigos.....	7
2.4. Edad de trasplante.....	9
2.5. Volumen de celda.....	10
2.6. Relación entre la edad de trasplante y volumen de celda.....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1. Ubicación y periodo de estudio.....	15
3.1.1. Descripción de los invernaderos.....	15
3.2. Material vegetal.....	17
3.3. Descripción del experimento.....	17
3.4. Descripción y distribución de los tratamientos.....	18
3.5. Descripción de la unidad de estudio.....	20
3.6. Producción del almácigo.....	22
3.6.1. Germinación de la semilla.....	22
3.7. Trasplante.....	25
3.8. Variables evaluadas.....	26
3.8.1. Variables de respuesta asociadas a la fase de almácigo.....	26
3.8.2. Variables de respuesta asociadas a la fase de cultivo: floración.....	28
1.1.1. Variables asociadas a la fase del cultivo: producción y calidad del fruto.....	29
3.9. Muestreo.....	30
3.10. Manejo del cultivo.....	30
3.10.1. Fertilización y riego.....	30

3.10.2. Manejo de la estructura del cultivo definitivo	32
3.10.3. Manejo de plagas y enfermedades	32
3.11. Diseño experimental.....	32
3.12. Modelo estadístico y análisis de datos.....	33
3.13. Número de repeticiones y grados de libertad del error	34
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1. Crecimiento de las plántulas de tomate durante la fase de almacigo, según la edad y el volumen de celda.	43
4.2. Efecto del volumen de celda y la edad de trasplante de la plántula sobre la floración y producción (cultivo definitivo).	51
5. CONCLUSIONES	61
6. RECOMENDACIONES	63
7. BIBLIOGRAFÍA.....	65
8. ANEXOS.....	72

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Titulo	Pág
1.	Descripción de los tratamientos utilizados para el experimento del cultivo protegido de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill), en un sistema hidropónico abierto, en Santa Clara de San Carlos. 2012-2013.....	19
2.	Colocación de la semilla de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en la cámara de germinación según el tratamiento correspondiente con respecto a la edad de trasplante, en Santa Clara, San Carlos. 2012.....	23
3.	Variables de respuesta asociadas a la fase de almácigo del cultivo de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) bajo un sistema protegido, en Santa Clara, San Carlos. 2012.....	27
4.	Variables de respuesta asociadas a la fase de cultivo: floración en el cultivo de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) bajo un sistema protegido hidropónico, en Santa Clara, San Carlos. 2012-2013.....	28
5.	Variables de respuesta asociadas a la producción en el cultivo de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) bajo un sistema protegido hidropónico, en Santa Clara, San Carlos. 2012-2013.....	29
6.	Relación de cationes y aniones en meq/l de la solución nutritiva utilizada para la fertilización de las plántulas de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en un sistema protegido. Santa Clara, San Carlos. 2012.....	31
7.	Relación de cationes y aniones en meq/l de la solución nutritiva para la fertilización a partir del momento del trasplante, en el cultivo de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en un sistema protegido hidropónico abierto en Santa Clara, San Carlos. 2012.....	31
8.	Productos, dosis y frecuencia de aplicación durante la producción de las plántulas y el cultivo definitivo de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en un sistema protegido. Santa Clara, San Carlos. 2012-2013.....	32
9.	Grados de libertad del error y totales según la fuente de variación y el número de repeticiones en el experimento, para el cultivo hidropónico de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill), en un sistema protegido en Santa Clara, San Calos.	35

10.	Estadísticas univariadas de las 18 variables evaluadas durante la producción de plántulas y a partir del trasplante en el cultivo hidropónico de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill), en un sistema protegido en Santa Clara, San Carlos. 2013.	36
11.	<i>Eigenvectors</i> obtenidos para 18 variables evaluadas en tres componentes principales a nivel de plántula y cultivo definitivo, en el cultivo protegido hidropónico de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos.2013.	39
12.	Significado de los componentes y las variables de mayor peso, para el cultivo protegido hidropónico del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos.	40
13.	Nivel de significancia de cada factor sobre las variables que conforman los componentes principales, para el cultivo protegido hidropónico del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos.	42
14.	Variables asociadas al crecimiento de las plántulas (componente uno), según los factores edad y volumen para el cultivo protegido hidropónico del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013.	43
15.	Variables asociadas a la producción (componente dos), según los factores edad y volumen para el cultivo protegido hidropónico del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013.	51
16.	Variable asociada a la floración (componente tres), según los factores edad y volumen para el cultivo protegido hidropónico del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013.	51
17.	Nivel de significancia para la variable frutos de primera calidad para el cultivo protegido hidropónico del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos.	53
18.	Variable de frutos de primera calidad según el factor edad para el cultivo protegido hidropónico del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013.	54
19.	Nivel de significancia de cada factor para las variables días a floración y cosecha a partir de la germinación y a partir del trasplante, para el cultivo protegido hidropónico del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos.	56
20.	Variables de días a floración y días a cosecha según los factores edad y volumen para el cultivo protegido hidropónico del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013.	57

- 21.** Temperatura mínima, máxima y promedio reportada en el exterior e interior del invernadero durante el desarrollo del cultivo definitivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013. 59

LISTA DE FIGURAS

Figura	Titulo	Pág
1.	Invernadero utilizado para la producción de plántulas de tomate (<i>Lycopersicon, esculentum</i> Mill) bajo un sistema protegido, en Santa Clara, San Carlos. 2012. Fuente: Ramírez 2012.....	16
2.	Invernadero utilizado para el cultivo definitivo, del cultivo hidropónico de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) bajo un sistema protegido, en Santa Clara, San Carlos. 2012-2013. Fuente: el autor.....	17
3.	Volúmenes de celda utilizados durante la producción del almácigo del cultivo de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill), en un sistema protegido en Santa Clara, San Carlos 2012. 105 celdas (29,33 ml/celda) (A), 72 celdas (36,33ml/celda) (B), 50 celdas (63,33 ml/celda) (C). Fuente: el autor.....	18
4.	Distribución de los tratamientos y sus respectivas repeticiones utilizadas durante la producción de las plántulas de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) bajo un sistema protegido, en Santa Clara, San Carlos. 2012.	19
5.	Distribución de los tratamientos y sus respectivas repeticiones para el cultivo definitivo del cultivo protegido de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill), en un sistema hidropónico abierto en Santa Clara, San Carlos. 2012-2013.	20
6.	Especificación de la parcela útil por tratamiento por repetición durante la producción de las plántulas de tomate (<i>Lycopersicon, esculentum</i> Mill) bajo un sistema protegido. A: 50 (63,33ml/celda), B: 72 (36,33ml/celda) y C: 105 (29,33ml/celda) celdas por bandeja, en Santa Clara, San Carlos. 2012.	21
7.	Especificación de la parcela útil por repetición de cada tratamiento a partir del trasplante para la producción de cultivo hidropónico de tomate (<i>Lycopersicon, esculentum</i> Mill) bajo un sistema protegido, en Santa Clara, San Carlos. 2012-2013.....	22
8.	Colocación de la semilla de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en la cámara de germinación. Laboratorio de entomología del Tecnológico de Costa Rica, en Santa Clara, San Carlos. 2012.	24
9.	Plan de siembra utilizado para la producción de plántulas tomate (<i>Lycopersicon, esculentum</i> Mill) de cuatro edades (12, 24, 36 y 48 días) bajo un sistema protegido, en Santa Clara, San Carlos. 2012.....	25

10.	Equipo de aspersión móvil utilizado para el riego durante la producción de almácigo de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) , en un sistema protegido en Santa Clara , San Carlos.2012.	30
11.	Conglomerado de correlaciones (<i>Cluster</i>) para 18 variables de respuesta evaluadas a nivel de plántula y cultivo definitivo, en el cultivo protegido hidropónico de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill), en Santa Clara, San Carlos. 2013.....	37
12.	Distribución de la variabilidad en los componentes principales, de las 18 variables evaluadas a nivel de plántula y cultivo definitivo, para el cultivo protegido hidropónico del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013.	38
13.	Relación de los factores edad de trasplante y número de celdas por bandeja para el cultivo protegido hidropónico del tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill), para tres componentes principales, en Santa Clara, San Carlos. 2013. ...	41
14.	Crecimiento de plántulas de 48 días de edad producidas en bandejas de 105 celdas(A) y 72 celdas(B) con respecto a las producidas en bandejas de 50 celdas(C) para la producción de plántulas de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos.2012.....	47
15.	Crecimiento de plántulas de 36 días de edad producidas en bandejas de 105 celdas(A) y 72 celdas(B) con respecto a las producidas en bandejas de 50 celdas(C) para la producción de plántulas de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos.2012.....	47
16.	Crecimiento de plántulas de 24 (A) y 12 (B) días de edad, para la producción de plántulas de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill) en Santa Clara, San Carlos.2012.	50

LISTA DE ANEXOS

Anexo	Titulo	Pág
1.	Análisis de varianza para la variable correspondiente a longitud radical, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.	72
2.	Prueba de medias de la variable correspondiente a longitud radical, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.	72
3.	Análisis de varianza de la variable correspondiente a peso seco aereo, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.	72
4.	Prueba de medias para la variable correspondiente al peso seco aereo, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.	73
5.	Análisis de varianza de la variable correspondiente a peso seco total, generada por el programa estadístico Jmp versión 10 durante el experimento.	73
6.	Prueba de medias de la variable correspondiente a peso seco total, generada por el programa estadístico Jmp versión 10 durante el experimento.	73
7.	Análisis de varianza de la variable correspondiente a frutos por planta, generada por el programa estadístico Jmp versión 10 durante el experimento.	74
8.	Prueba de medias de la variable correspondiente a los frutos por planta, generada por el programa estadístico Jmp versión 10 durante el experimento.	74
9.	Análisis de varianza de la variable correspondiente a Kg producidos por planta generada por el programa estadístico Jmp versión 10.	74
10.	Prueba de medias de la variable correspondiente a los Kg producidos por planta, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.	75
11.	Análisis de varianza de la variable correspondiente a frutos de segunda radical, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.	75
12.	Prueba de medias de la variable correspondiente a frutos de segunda calidad, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.	75

13.	Prueba de medias de la variable correspondiente a la variable de racimos/planta , generada por el programa estadístico Jmp versión 10 durante el experimento.	76
14.	Análisis de varianza y prueba de medias particionada por número de celdas por bandeja de la variable correspondiente a numero de hojas por planta, generada por el programa estadístico infostat.	76
15.	Análisis de varianza y prueba de medias para la variable correspondiente a dias a floracion (ddt) articionada por el volumen de celda, generada por el programa estadístico infostat.	78
16.	Análisis de varianza y prueba de medias para la variable correspondiente a dias a cosecha (ddt), generada por el programa estadístico infostat.	80
17.	Análisis de varianza y prueba de medias para el factor edad para la variable correspondiente a frutos de primera calidad, generada por el programa estadístico infostat.	81
18.	Análisis de varianza y prueba de medias para días a floracion (ddg), particionada por volumen generada por el programa estadístico infostat.	81
19.	Análisis de varianza y prueba de medias para días a cosecha (ddg), generada por el programa estadístico infostat.	83

RESUMEN

Se realizó una investigación en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), donde se evaluaron variables a nivel de plántula y cultivo definitivo, los factores utilizados para los tratamientos fueron cuatro edades de trasplante (48, 36, 24 y 12 días de edad a partir de la emergencia) y tres volúmenes de celda 29,33ml/celda (105 celdas/bandeja), 36,33ml/celda (72 celdas/bandeja) y 63,3 ml/celda (50 celdas/bandeja) para la producción del almácigo, para un total de doce tratamientos con cuatro repeticiones cada uno.

Se realizó un análisis multivariado de componentes principales por correlaciones donde se seleccionaron tres componentes, el primero representa el crecimiento de plántulas, el segundo la producción y el tercero la floración, además se evaluaron variables consideradas de importancia y que no fueron representativas en dichos componentes, como días a floración y cosecha y frutos de primera calidad.

En la etapa de plántula se evaluaron variables asociadas a su crecimiento donde se obtuvieron diferencias entre los tratamientos; los tratamientos con mayor crecimiento a nivel de peso seco, longitud radical y número de hojas fueron los tratamientos de mayor edad (48 y 36 días) y producidos en las celdas de mayor volumen (63,33ml/celda).

Después del trasplante, se evaluaron variables a nivel de floración y producción; a nivel de floración no se obtuvieron diferencias para la cantidad de racimos por planta y a nivel productivo no hubo diferencias significativas para la cantidad de frutos por planta, los Kg producidos por planta, ni los frutos de segunda calidad.

Los días a floración y días a cosecha presentaron mayor precocidad en plantas trasplantadas a edades de 24 y 12 días.

Por último las plantas que presentaron la mayor producción de frutos de primera calidad fueron las trasplantadas a los 36, 48 y 24 días de edad.

Palabras claves: edad, volumen, celda, plántula, tomate.

ABSTRACT

This experiment was performed in the cultivation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill), the proposed variables were evaluated at seedling and at the final crop stage. The factors used for treatments were four ages of transplant at 48, 36, 24 and 12 days from the outbreak, and three volumes of container 29,33ml/container (105cells), 36,33ml/container (72 cells) and 63,33ml/container (50 cells) for the production of seedling, for a total of 12 treatments with 4 replicates each.

A multivariate analysis was performed for principal components by correlation were selected three components, the first of seedling growth, second of production and third of flowering, also important variables that were not part of these components were evaluated, those variables correspond to days to flowering, days to harvest and fruit first quality.

In the seedling stage variables associated with seedling growth were evaluated, where differences were found between treatments, treatments with higher growth level of dry weight and root length were older treatments (48 and 36 days) and produced in largest container volume (50 cells), and in final crop were evaluated in terms of production variables and flowering, flowering and production level does not show significant differences. The variables of days to flowering and days to harvest, showed early of treatments of age to transplant at 24 and 12 days.

Finally the plants showed an increased production of high quality fruits were transplanted at 36, 48 and 24 days old.

Key words: age, volume, cell seedling, tomato.

1. INTRODUCCIÓN

En la producción de hortalizas es común el uso de plántulas producidas en almácigo, generalmente son producidas en bandejas con un alto número de celdas ya que facilita una mayor producción de plántulas por área, aumentando la eficiencia del sistema de producción; sin embargo también implica un menor volumen de celda lo que puede causar problemas de desarrollo en las plántulas ya que el efecto del tamaño de la celda en el rendimiento de las plantas en campo es variable (Hall 1989 Vavrina *et al.* 1993 citado por Vavrina 2002, Vavrina 2001, Ullè 2009).

En el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) la práctica de trasplante es común, favorece y facilita un mejor desarrollo radical de la plántula el cual es clave para un buen establecimiento en campo, crecimiento, desarrollo y producción del cultivo y para esto se trata de equilibrar el costo de producción y el tamaño de la planta con el fin de tener un alto porcentaje de supervivencia al momento del trasplante (Argerich y Poggi 2003, Puente *et al.* 2009).

En Costa Rica actualmente la producción de almácigos de tomate se lleva a cabo en bandejas conformadas por 105 y 128 celdas y el trasplante a campo abierto se realiza entre los 25 y 30 días. Este tipo de planta es el que se utiliza para trasplante a campo abierto, las cuales necesitan soportar el estrés de trasplante ya que pasan de estar en un sustrato inocuo a suelo y de condiciones de invernadero a las condiciones ambientales del lugar donde son trasplantadas; sin embargo este mismo tipo de plántula es la utilizada para realizar trasplantes a invernadero aunque en este ambiente las mismas tienen una mayor continuidad de las condiciones en que fueron producidas, ya que continúan estando en un sustrato inerte, con condiciones bajo invernadero y por lo tanto disminuye el estrés por trasplante en comparación a campo (Blanco 2012,¹ Ramírez 2012²).

¹Blanco, S. 2012. Producción de almácigos (entrevista). Naranjo, Almácigos San Juan.

²Ramírez, C. 2012. Producción de almácigos (entrevista). Santa Clara, San Carlos Tecnológico de Costa Rica.

Por lo anterior es importante encontrar la forma más apta para producir las plántulas de tomate, para la producción de este cultivo en invernadero y determinar si el volumen de celda y la edad de trasplante influyen en el crecimiento de la plántula y el desarrollo fenológico refiriéndose a floración, cosecha, cantidad y calidad de los frutos producidos, ya que este sistema productivo es un sistema intensivo de alto costo y estas variables influyen en los costos de producción; por lo tanto este debe ser lo más eficiente posible desde la producción del almácigo hasta el momento de la cosecha.

El propósito de este experimento fue evaluar el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) utilizando plántulas de diferente edad de trasplante y volumen de celda y sus efectos sobre el crecimiento de las plántulas, la floración, producción y calidad del fruto en un ambiente protegido, en Santa Clara, San Carlos.

1.1. Objetivo general

Evaluar el cultivo protegido hidropónico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) utilizando plántulas producidas en diferente volumen de celda y edad de trasplante en Santa Clara, San Carlos.

1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) producidas en diferentes volúmenes de celda y diferentes edades de trasplante.
- Cuantificar los días a cosecha y la producción obtenida del cultivo protegido de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en un sistema hidropónico abierto según la edad de la plántula al trasplante y el tamaño de celda.
- Evaluar la calidad del fruto en el cultivo protegido de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) a partir de su peso según la edad de la plántula al trasplante y el tamaño de celda en un sistema hidropónico abierto.
- Determinar la floración del cultivo protegido de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) según la edad de la plántula al trasplante y el tamaño de celda en un sistema hidropónico abierto.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Investigativa

En un sistema protegido, el trasplante de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) producido en bandejas de 105 celdas (29,33ml/celda) y 36 días de edad de trasplante se obtendrán mejores resultados, tanto a nivel de plántula como de cultivo definitivo.

1.3.2. Estadísticas

H₀: El volumen del celda y la edad de trasplante no generan diferencias significativas entre dos o más tratamientos en el cultivo protegido de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

H₁: El volumen del celda y la edad de trasplante genera diferencias significativas entre dos o más tratamientos en el cultivo protegido de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de cultivo

El tomate (*Lycopersicon esculentum*) es la hortaliza más cultivada del mundo, para el año 2010 los mayores productores de tomate del mundo fueron los países de China, Estados Unidos e India con 41.879.684, 12.902.000 y 11.979.700 toneladas por año producidas respectivamente, mientras que en Costa Rica para ese mismo año se cosecharon 57.030 toneladas (FAO 2010).

El cultivo tiene dos hábitos de crecimiento, indeterminado y determinado, indiferentemente de su hábito tiene requerimientos climáticos como un rango óptimo de temperatura diurna entre los 23-25°C y nocturna entre 15-17°C, una humedad óptima de 70%, de 11 a 12 horas de luz. Además, la disponibilidad de agua debe cubrir la demanda hídrica del cultivo en cada una de sus etapas fenológicas ya que el agua afecta el número de flores por racimo y el crecimiento del fruto (Vázquez *et al.* 2003, Castellanos *et al.* 2009).

El ciclo fenológico del cultivo inicia con la germinación de la semilla, puede llevar entre seis y ocho días, después de la germinación hay un aumento rápido en la producción de materia seca, luego esta se estabiliza y finaliza con la floración. La última fase del ciclo es la fase reproductiva, esta inicia con la fructificación, el crecimiento se detiene casi en su totalidad y se da la senescencia de la planta ya que los frutos extraen los asimilados fotosintéticos del follaje para su llenado (Bolaños 2001).

Para la producción del cultivo de tomate se utiliza la técnica del trasplante de plántulas producidas en almácigos donde generalmente se utiliza un sustrato inerte el cual es colocado en bandejas con un número determinado de celdas, esto permite en comparación con la siembra directa, un ahorro en el costo, un mejor uso de la semilla porque se pueden utilizar semillas con una capacidad de

germinación menor y junto a esto un mejor aprovechamiento del área de cultivo definitivo ya que facilita la rotación de cultivos, se puede controlar de una mejor forma la población de plantas por área y a su vez hace que el uso del agua para riego se dé forma más eficaz, mientras que en contra de estas ventajas se encuentra en el costo ya, que este es mayor debido a la producción de este en el invernadero y los costos de trasplante (Vázquez *et al.* 2003).

2.2. Utilización del trasplante en cultivo de tomate

El trasplante es el momento en que se traslada la plántula desde el almácigo hacia el lugar definitivo, en el cual debe haber buen contacto entre el suelo y el sistema radical para facilitar el establecimiento de la planta. En Costa Rica el trasplante de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) se da entre los 25 y 30 días de edad (Castellanos *et al* 2009, Blanco 2012)¹.

En el cultivo de tomate la utilización de la técnica de trasplante en lugar de la siembra directa trae consigo grandes ventajas, tales como un mejor aprovechamiento de la semilla, así como plantas con un crecimiento más uniforme, mayor tolerancia a estrés, floración temprana y mayor calidad de producción, entre otros (Puente *et al.* 2009).

Para este cultivo es recomendable que la plántula alcance una altura de al menos 10cm antes de ser trasplantada, además de que es importante evitar que estas florezcan mientras se encuentre en el almácigo ya que las plántulas trasplantadas con un crecimiento mayor al recomendado tienen una recuperación más lenta del estrés generado al momento del trasplante (Giaconi 1994).

La práctica de trasplante permite utilizar plántulas que tienen el sistema radical intacto ya que este se encuentra cubierto y esto permite una disminución en el estrés causado por el trasplante, además permite una floración y producción más temprana en comparación con la siembra directa (Vázquez *et al.* 2008).

¹Blanco, S. 2012. Producción de almácigos (entrevista). Naranjo, Almácigos San Juan.

El momento óptimo para el trasplante de almácigos dependerá del volumen de celda utilizado para la producción de las plántulas. Por lo general cuanto mayor sea el volumen de la celda mayor podrá ser la permanencia de la plántula en esta y por lo tanto esta se podrá trasplantar con un mayor crecimiento; sin embargo el rendimiento global del cultivo será el mismo, muchas veces esto está regido por las necesidades del productor, las demandas del mercado y los costos de producción, entre otros (Bodnar y Garton 1996).

Al momento del trasplante se genera un estrés para la planta y como esta se recupere de este depende de varios factores como la capacidad de absorción y regeneración de la raíz. Cuando la calidad de las plántulas es deficiente el crecimiento se ve reducido y se caracteriza por tener tallo delgado, con un pobre sistema radical, hojas curvas y ya floreadas entre otras; por el contrario una plántula de buena calidad soporta la manipulación durante el trasplante y con las características que se adecuen al ambiente que se presenta en el campo, con el fin de que supere el estrés por trasplante rápidamente y pueda mantener su tasa de crecimiento y alcanzar el máximo de productividad (Leskovar 2001).

2.3. Producción de almácigos

La producción de almácigo permite producir plántulas uniformes de alta sanidad y que garanticen una mejor producción, ya que el inicio del proceso productivo se da desde la producción de la plántula (Ramírez 2012)².

La producción de almácigos de tomate se realiza en bandejas de polietileno, la semilla se coloca a 0,5cm de la superficie de la celda y luego esta se cubre presionando ligeramente el sustrato utilizado; las plántulas deben ser trasplantadas en horas frescas para disminuir el estrés por trasplante. Al momento de la siembra es recomendable mantener las bandejas en temperaturas entre los 18°C y 20°C ya que la temperatura tiene un papel importante sobre la germinación del almácigo (Vázquez *et al.* 2003, Barbado 2005).

² Ramírez, C. 2012. Producción de almácigos (entrevista). Santa Clara, San Carlos Tecnológico de Costa Rica. 7

Para la producción de almácigos existen diferentes técnicas donde se puede utilizar diferentes contenedores como bolsas plásticas y masetas plásticas; estas pueden llegar a tener un alto costo y dificultan el llenado con sustrato debido a que hay que ir de una en una colocándolo, sin embargo con los cuidados apropiados su vida útil es prolongada. También se encuentra la bandeja de polietileno la cual es más fácil, de llenar y regar, además permite su movilización de forma fácil al lugar de trasplante. A pesar de los costos genera varias ventajas que hacen de su uso algo que favorece el sistema productivo ya que facilitan la siembra de semillas pequeñas, permiten la selección de plántulas previo al trasplante y el tiempo en que el terreno está ocupado por el cultivo es menor (Rodríguez *et al.* 1997, Barbado 2003).

Con respecto a las características físicas de las bandejas, Bodnar y Garton (1996), mencionan que las bandejas plásticas de coloración oscura retienen más calor, lo que por lo general provoca un crecimiento más rápido de las plántulas que las bandejas de coloraciones más claras, como por ejemplo las blancas. Además de que existe una relación entre la profundidad de la celda con el volumen de fertilizante y agua disponibles para la planta, ya que cuanto mayor profundidad mayor disponibilidad de estos, por lo que generalmente las celdas de mayor profundidad promueven un crecimiento más rápido, sin embargo se necesita más agua para humedecer la totalidad del sustrato contenido en la celda.

Existen diferentes formas correspondientes a las celdas de las bandejas, las hay de forma cilíndrica, piramidal, rectangular y hexagonal y aunque no se reporta cuál de estas es la mejor opción para producir plántulas, si se ha demostrado que el tamaño de la celda afecta el comportamiento de la planta en el campo, cuando las celdas de las bandejas son de menor tamaño la raíz de la planta es más pequeña y esta suele ser más dañada a la hora del trasplante lo que afecta la precocidad y calidad del almácigo (Schrader 2000, Santos 2010).

Para la producción de almácigo generalmente se utiliza sustrato cuya función principal es generar un medio de crecimiento y desarrollo adecuado para la planta y para su elección se deben tomar en cuenta características como su homogeneidad y las facilidades existen en el mercado para obtenerlo, así como su costo. Existen propiedades físicas y químicas que caracterizan un sustrato ideal como son buena capacidad de retención de agua y aeración, así como baja capacidad de intercambio catiónico y salinidad, descomposición lenta y que se encuentre libre de plagas y enfermedades, así como de sustancias tóxicas para el cultivo (Nuez 1999).

2.4. Edad de trasplante

Según Leskovar (2001) la edad de trasplante está asociada a las condiciones ambientales y el manejo del almácigo a nivel nutricional.

Cuando se utilizan plántulas jóvenes para el trasplante, estas sufren un mínimo de estrés, mientras que las plántulas de edades más avanzadas se estresan más y muchas veces el desarrollo reproductivo inicia con un desarrollo vegetativo en desventaja, sin embargo presentan un mayor desarrollo reproductivo por lo que estas tienden a florecen de forma prematura y esto a su vez provoca que se dé una producción de frutos más rápida así como su maduración pero puede disminuir su productividad ya que muchas veces las plantas son muy pequeñas (Schrader 2000).

Para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) el trasplante se realiza entre las cuatro y seis semanas y este rango va de la mano con el productor el cual dependiendo de las condiciones de producción puede preferir diferentes edades de trasplante, mientras que para tomate comercial ha dado buenos resultados el realizar trasplantes entre las dos y trece semanas de edad. En Costa Rica se trasplantan plantas de 25 a 30 días de edad (Vavrina 2002) (Blanco 2012)¹.

¹Blanco, S. 2012. Producción de almácigos (entrevista). Naranjo, Almácigos San Juan.

Mata y Núñez (2003) mencionan que generalmente la edad de trasplante en cultivos hortícolas se da entre los 21 y 45 días, con una altura de 12 a 25 cm y 8 hojas verdaderas.

Se debe tomar en cuenta que a pesar de los costos entre más tardío sea el trasplante mayor productividad anual puede generar el sistema productivo, ya que el periodo entre el trasplante y la cosecha se acorta y por lo tanto se obtienen más ciclos por año (Sánchez *et al.* 2006, citado por Vázquez *et al.* 2011).

2.5. Volumen de celda

Según Santos (2010) existen diferentes factores que afectan los trasplantes vegetales y entre los que destacan se encuentra el agua, temperatura, fertilización, luz solar, así como el volumen de celda. Existe gran variedad de volúmenes de celda en el mercado, sin embargo el tamaño generalmente está regido por los costos que implica, por lo que en la mayoría de los casos se utilizan bandejas con celdas pequeñas, ya que estas permiten producir una mayor cantidad de plantas por área.

En Costa Rica para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) se realiza en bandejas de 105 y 128 celdas por bandeja (Blanco 2012)¹.

El tamaño de la celda puede tener efecto sobre el rendimiento en campo del cultivo, especialmente en la precocidad del mismo. Por un lado cuando el volumen de la celda es reducido, generalmente tienen un mayor efecto en las fluctuaciones de humedad, nutrientes, oxígeno (O₂), pH y salinidad, y también puede afectar fisiológica y morfológicamente a las plántulas, ya que tienen un área reducida para el crecimiento de las raíces y por lo tanto puede afectar la calidad de la plántula al momento del trasplante y durante todo el ciclo productivo; mientras que las celdas mayor volumen permiten que la plántula crezca más antes

¹Blanco, S. 2012. Producción de almácigos (entrevista). Naranjo, Almácigos San Juan.

de llegar al momento del trasplante, generalmente estas plántulas son más vigorosas y precoces; sin embargo estas tienen un precio mayor por lo que aumentan los costos de producción (Hall, 1989 Vavrina *et al.* 1993 citado por Vavrina 2002, Bodnar y Garton 1996, Ne Smith y Duval 1998 y Kelley y Boyhan 2003 citado por Oberpaur *et al.* 2011, Leskovar 2001).

Las bandejas de almácigo con celdas más grandes son recomendadas para la producción de plántulas de cultivos cuyo ciclo es mayor a las cinco semanas, tales como chile y tomate, mientras que las bandejas con celdas más pequeñas se recomiendan en cultivos cuya duración no supera las cuatro semanas, como en el caso de la producción de lechuga y cebolla, ya que las raíces de estos no pueden llenar una celda grande y al retirar la plántula se pueden dañar las raíces debido a que pueden perder el sustrato que las recubre (Weston 1988, Weston y Zandstr 1986 citados por Vavrina 2002).

Se debe tomar en cuenta que indiferentemente del tamaño de la celda si el tiempo de permanencia de la plántula se alarga, progresivamente se restringe el crecimiento tanto a nivel radical como aéreo de la misma, además al variar la distancia entre plantas la competencia por luz y agua puede variar (Wien 1997 citado por Gómez y Oberpaur 2007, Grazia *et al.* 2002).

Con respecto a la luz la densidad de la población de plántulas, genera cambios en la calidad de luz que llega a cada planta, lo que hace que estas detecten la presencia de otras plantas, según Guzmán (2002), esto genera que las plantas se elongen a nivel del tallo para evitar el sombreo causado por otros competidores.

Existen diferentes experimentos que reportan efecto del volumen de la celda sobre diferentes variables, por ejemplo entre Argerich y Poggi (2003) evaluaron la cantidad de agua que una planta necesita para sobrevivir durante el trasplante y el rendimiento de la planta dependiendo del tamaño de celda; utilizaron bandejas de

693, 425 y 336 celdas, las más comunes en el mercado argentino y tres dosis de agua, se evaluó durante las tres horas posteriores a la siembra en el punto de marchitez permanente con temperaturas de suelo de 24 y 30°C. El resultado obtenido por los investigadores fue que la cantidad necesaria de agua para una supervivencia del 90% es de 950, 714 y 238 l/ha para el tamaño de celda de 693, 425 y 336 celdas, respectivamente, mientras que el rendimiento del cultivo y los días para la maduración del fruto no se vieron afectados por el tamaño de la celda.

Vavrina (2002), utilizó en cultivo de tomate tres volúmenes diferentes de celdas 26ml (200 celdas), 38ml (150 celdas) y 46ml (72 celdas), las plántulas crecieron en estas durante cinco semanas, luego fueron trasladadas al campo donde las plántulas de las celdas más grandes fueron las de mayor crecimiento, el cual se mantuvo durante aproximadamente 45 días en el campo. Además se evaluó el color del fruto como medida de madurez donde en la primera cosecha el 62% de los frutos de las plantas provenientes de las celdas de 46 cc habían alcanzado cierto nivel de coloración mientras que los frutos de plantas provenientes de celdas de 38cc solo el 55% lo había alcanzado y un 52% de los provenientes de celdas de 26cc, sin importar el tamaño del fruto. Además no hubo diferencias en el peso del fruto en ninguno de los tratamientos.

Mugnai *et al.* (2000) evaluaron el efecto de la restricción de raíz sobre la morfología y fisiología del tomate, para esto utilizaron bandejas con celdas de 230ml, 35ml y 7ml, utilizando vermiculita como sustrato y regándolas con solución nutritiva completa. La restricción redujo el crecimiento de la planta a nivel de peso seco y área foliar esto debido a la reducción de la tasa de asimilación neta, sin embargo esta no afectó el potencial hídrico ni el intercambio gaseoso las hojas.

En plántulas de tomate, berenjena y pimienta se evaluaron las características según densidad de plantas y el volumen de las celdas en las bandejas. La densidad de plantas estuvo entre 94 y 1.125 plantas/m² y el volumen de las celdas entre 15,6 y 99,2cm³, donde ambos factores afectaron el crecimiento y las

características de todas las especies evaluadas, afectando significativamente el peso seco, el diámetro del tallo, el número de hojas y el área foliar (Romano *et al.* 2003).

Miskovic *et al.*(s.f) evaluaron los efectos de diferentes sustratos y volúmenes de celda para la producción de plántulas de col (*Brassica oleracea* var. *capitata*) y coliflor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), encontrando que los mejores valores de altura y peso de la planta y raíz, el número de hojas y la materia seca se dieron en celdas de 90cm³, a diferencia de los que utilizaron el sustrato Stender 240, donde los mejores resultados fueron en las celdas de 50cm³, mientras que la mejor calidad de plántulas se presentó en las celdas de menor volumen.

2.6. Relación entre la edad de trasplante y volumen de celda

Generalmente el crecimiento de las plántulas es proporcional al volumen de la celda por lo que la edad a la que estas son trasplantadas está relacionada a este, ya que se debe considerar el tiempo que van a permanecer las plántulas en almácigo antes de ser trasplantadas. Generalmente se puede decir que las plántulas que se trasplantan a mayor edad tienen mayor rendimiento especialmente si se producen en celdas de mayor volumen (Leskovar 2001, Oberpaur *et al.* 2011).

Existe una relación entre el tamaño de celda y la edad de trasplante así como variables a nivel de plántula y producción del cultivo. Por ejemplo Vázquez *et al.* (2003) evaluaron el crecimiento y rendimiento de las plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) trasplantadas con edades de 21 a 60 días concluyendo que para obtener plántulas de 60 días de edad de calidad, era necesario utilizar contenedores con una capacidad de 700ml y que si se utiliza el volumen adecuado de contenedor no hay diferencias en el crecimiento ni el rendimiento mientras que cuanto mayor sea la edad de la plántula al trasplante menor es el intervalo entre el trasplante y la cosecha, mientras que Romano *et al.* (2003) concluyó que tanto el volumen de celda como la densidad de plántulas por

bandeja afectaron el crecimiento, el peso seco, el diámetro del tallo, el número de hojas y el área foliar de varios cultivos y Vavrina (2002), evaluó el volumen de celda en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) determinando que este afectó la maduración de los frutos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y periodo de estudio

Las pruebas se realizaron en el Tecnológico de Costa Rica sede San Carlos, ubicada en la comunidad de Santa Clara, distrito Florencia, en San Carlos, Alajuela. Sus coordenadas geográficas son 10°21'40.30"N y 84°30'48.57"O. Se encuentra a 165msnm, con un clima tropical húmedo, cuya precipitación promedio es de 3500mm anuales y una temperatura mínima de 21°C y máxima de 30°C. El experimento se llevó a cabo entre los meses de septiembre 2012 y marzo 2013.

La germinación de la semilla se llevó a cabo en una cámara de germinación en el Laboratorio de Entomología, ubicado dentro de las instalaciones pertenecientes a la sede.

3.1.1. Descripción de los invernaderos

El desarrollo del almácigo como del cultivo definitivo se llevó a cabo en invernadero.

3.1.1.1. Invernadero para la producción del almácigo.

El invernadero donde se llevó a cabo la producción de almácigo tenía un área de 120m², con una longitud de 12m y un ancho de 10m, las paredes estaban cubiertas de malla de nylon antiáfidos cuya densidad de hilos es de 32 x 32 por pulgada lineal, el techo era de cobertura plástica con filtro UV de polietileno de baja densidad y el piso era de cemento (Figura 1).



Figura 1. Invernadero utilizado para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon, esculentum* Mill) bajo un sistema protegido, en Santa Clara, San Carlos. 2012. *Fuente: Ramírez 2012.*

3.1.1.2. Invernadero para cultivo definitivo

El invernadero donde se llevaron las plántulas a cultivo definitivo tenía un área de 270m², con una longitud de 30m y un ancho de 9m, la altura de la cumbrera era de 7,5m y una abertura cenital de 1,20m. Las paredes estaban cubiertas de malla de nylon antiáfidos cuya densidad de hilos es de 32 x 32 por pulgada lineal, el techo era de cobertura plástica con filtro UV de polietileno de baja densidad, el piso era protegido por una cubierta *Grown cover* color blanco que permitía que los líquidos drenen (Quesada 2011).



Figura 2. Invernadero utilizado para el cultivo definitivo, del cultivo hidropónico de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo un sistema protegido, en Santa Clara, San Carlos. 2012-2013. *Fuente: el autor.*

3.2. Material vegetal

Para la realización del experimento se utilizó como material vegetal semilla de tomate híbrido Qualit 21 T de Rogers Syngenta seed, US, la cual fue adquirida en CAFESA y se utilizó un total de 3.887 semillas.

3.3. Descripción del experimento

Se llevaron a cabo dos etapas en el experimento, una fase de almácigo y una de cultivo definitivo.

En la fase de almácigo se utilizaron tres volúmenes de celda para obtención de las plántulas para cuatro edades de trasplante. Estas plántulas se fertilizaron con solución nutritiva completa. En este se evaluaron una serie de variables de crecimiento para determinar la calidad de las plántulas obtenidas.

En la fase de cultivo definitivo se utilizaron las plántulas producidas en la primera fase del experimento que correspondiesen a plántulas de cuatro edades de trasplante y producidas en tres diferentes volúmenes de celda. En esta etapa se utilizaron contenedores con capacidad para diez litros y piedra roja volcánica como sustrato. Se fertilizaron con solución nutritiva completa y se evaluaron variables de floración, producción y calidad de los frutos.

3.4. Descripción y distribución de los tratamientos

Para la realización de las dos fases del experimento se utilizaron los mismos tratamientos y el mismo número de repeticiones por tratamiento, las variables evaluadas para ambas etapas fueron: tres volúmenes de celda utilizados para la producción del almácigo (Figura 3) y cuatro edades de trasplante, para un total de doce tratamientos (Cuadro 1) y se utilizaron cuatro repeticiones por tratamiento.

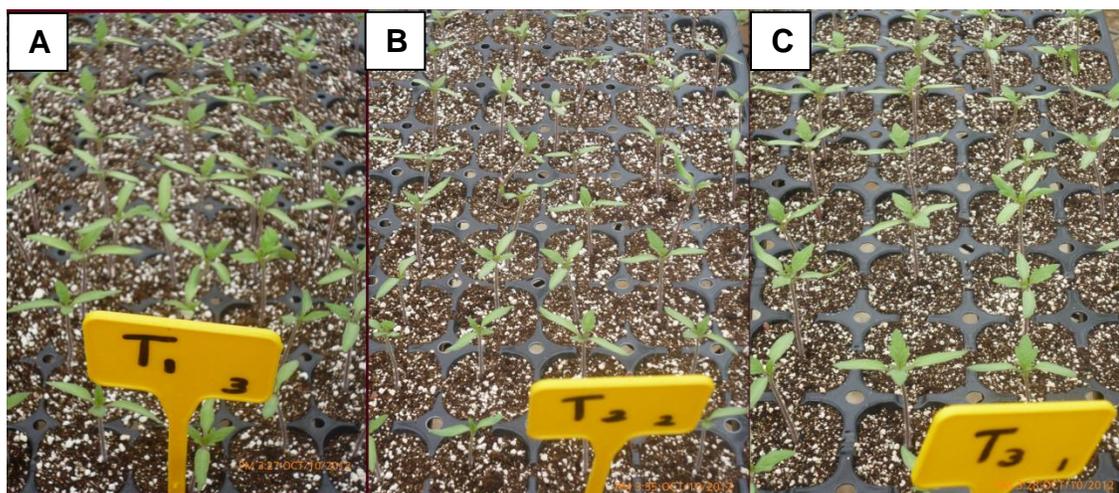


Figura 3. Volúmenes de celda utilizados durante la producción del almácigo del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en un sistema protegido en Santa Clara, San Calos 2012. 105 celdas (29,33 ml/celda) (A), 72 celdas (36,33ml/celda) (B), 50 celdas (63,33 ml/celda) (C). Fuente: el autor.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos utilizados para el experimento del cultivo protegido de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en un sistema hidropónico abierto, en Santa Clara de San Carlos. 2012-2013.

Tratamiento	Número de celdas por bandeja	Volumen por celda (ml)	Edad de trasplante (días)
T1	105	29,33	48
T2	72	36,33	48
T3	50	63,33	48
T4	105	29,33	36
T5	72	36,33	36
T6	50	63,33	36
T7	105	29,33	24
T8	72	36,33	24
T9	50	63,33	24
T10	105	29,33	12
T11	72	36,33	12
T12	50	63,33	12

La distribución de todos los tratamientos para ambas fases del experimento se realizó al azar. Para la producción del almácigo las bandejas se distribuyeron sobre dos mesas dentro del invernadero (Figura 4), la distancia entre bandejas fue de 5cm y entre mesas de un metro.

T3	T11		T1	T6
T12	T3		T12	T10
T9	T1		T5	T7
T7	T4		T12	T4
T2	T11		T2	T8
T10	T8		T9	T6
T5	T1		T3	T5
T12	T6		T5	T8
T2	T4		T10	T9
T8	T9		T6	T2
T11	T7		T1	T7
T4	T11		T3	T10

Figura 4. Distribución de los tratamientos y sus respectivas repeticiones utilizadas durante la producción de las plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo un sistema protegido, en Santa Clara, San Carlos. 2012.

Para la segunda etapa (a partir del trasplante), las plantas se colocaron en doce filas de 20 plantas cada una con una la distancia de 1,50m entre filas y 0,40m entre plantas, para un total de 240 plantas (Figura 5).

T3	T11	T1	T6
T12	T3	T12	T10
T9	T1	T5	T7
T7	T4	T12	T4
T2	T11	T2	T8
T10	T8	T9	T6
T5	T1	T3	T5
T12	T6	T5	T8
T2	T4	T10	T9
T8	T9	T6	T2
T11	T7	T1	T7
T4	T11	T3	T10

Figura 5. Distribución de los tratamientos y sus respectivas repeticiones para el cultivo definitivo del cultivo protegido de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), en un sistema hidropónico abierto en Santa Clara, San Carlos. 2012-2013.

3.5. Descripción de la unidad de estudio

La unidad experimental utilizada durante la fase de producción de almácigo fue la bandeja donde se produjo el mismo. La parcela útil de esta unidad experimental estuvo formada por las 30 plántulas centrales de la bandeja (Figura 6), ya que sin importar el número de plántulas que estuvieron en cada bandeja, las plántulas de la parcela útil debían estar en competencia perfecta, es decir rodeada por plántulas similares sin espacios vacíos.

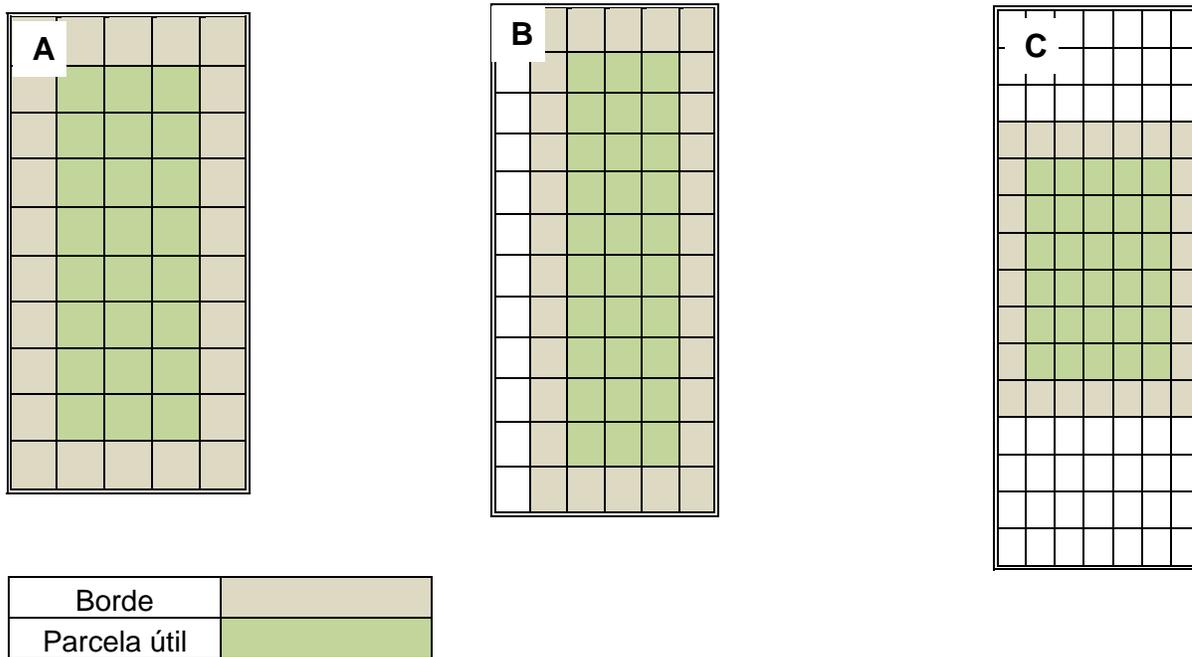


Figura 6. Especificación de la parcela útil por tratamiento por repetición durante la producción de las plántulas de tomate (*Lycopersicon, esculentum Mill*) bajo un sistema protegido. A: 50 (63,33ml/celda), B: 72 (36,33ml/celda) y C: 105 (29,33ml/celda) celdas por bandeja, en Santa Clara, San Carlos. 2012.

A partir del cultivo definitivo la unidad experimental fue de cinco plantas por tratamiento con cuatro repeticiones cada una y la parcela útil correspondió a las tres plantas centrales (Figura 7).



Figura 7. Especificación de la parcela útil por repetición de cada tratamiento a partir del trasplante para la producción de cultivo hidropónico de tomate (*Lycopersicon, esculentum Mill*) bajo un sistema protegido, en Santa Clara, San Carlos. 2012-2013.

3.6. Producción del almácigo

Para la obtención del almácigo se realizó una pre germinación de la semilla y luego esta fue colocada en la bandeja correspondiente, esto con el fin de asegurar que la semilla colocada en la bandeja ya había germinado, evitando así algún error en el número de plántulas por unidad experimental.

Para la producción del mismo se utilizó sustrato *Germinating mix* (Farfar, Canadá), el cual es una mezcla de vermiculita, *peat moss* y perlita.

3.6.1. Germinación de la semilla.

La germinación de la semilla se realizó en condiciones de oscuridad utilizando una cámara de germinación de madera, ubicado dentro del Laboratorio de Entomología del Tecnológico de Costa Rica sede San Carlos.

Se controló diariamente la temperatura del laboratorio a 28°C para mantener las condiciones homogéneas durante todo el proceso de germinación de las semillas de cada tratamiento.

Cada doce días se colocó en la cámara de germinación un total de 972 de las cuales 908 semillas correspondían a tres tratamientos y el 7% restante eran semillas de respaldo en caso de que se presentaran problemas de germinación de la misma.

Como se muestra en el Cuadro 2, el manejo de las semillas en la cámara de germinación se dio de forma escalonada, estas se colocaron en bandejas plásticas con servilletas de papel húmedas (Figura 8). Cada grupo estuvo dentro de la cámara de germinación seis días y al séptimo día se colocaron en las respectivas bandejas según el tratamiento.

Cuadro 2. Colocación de la semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en la cámara de germinación según el tratamiento correspondiente con respecto a la edad de trasplante, en Santa Clara, San Carlos. 2012.

Día de colocación de la semilla en la Cámara de germinación	Tratamiento
1	T1, T2, T3
13	T4,T5,T6
25	T7,T8,T9
37	T10,T11,T12



Figura 8. Colocación de la semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en la cámara de germinación. Laboratorio de entomología del Tecnológico de Costa Rica, en Santa Clara, San Carlos. 2012.

La producción de plántulas se realizó de manera escalonada con el fin de que los diferentes tratamientos fueran trasplantados al mismo tiempo. En la Figura 9 se muestra como se brindó el manejo desde el día de la colocación de la semilla en la cámara de germinación hasta el trasplante de las plántulas.

la plántula en el lugar de cultivo definitivo, estas fueron tratadas con una solución de *Trichoderma sp*, utilizando un balde en el cual se sumergieron las plántulas, tanto su parte aérea como radical.

Las plántulas se colocaron en contenedores con capacidad de 10l y se utilizó piedra roja volcánica como sustrato. Se cubrió la plántula con el sustrato hasta la altura de sus hojas cotiledóneas. A partir del momento del trasplante se programó el *timer* para la aplicación de los riegos diarios que se realizaron por goteo y el número de riegos por día se realizó según la etapa fenológica del cultivo y las condiciones climatológicas que se presentaron durante la ejecución del experimento.

3.8. Variables evaluadas

3.8.1. Variables de respuesta asociadas a la fase de almácigo

Para esta evaluación se utilizó un método destructivo, se seleccionaron diez plántulas al azar por unidad experimental (por bandeja), localizadas dentro de la parcela útil para un total de cuarenta plántulas por tratamiento. Luego de la selección de las plántulas se evaluaron las variables especificadas en el Cuadro 3. Se evaluó un total 480 plántulas. Todas las variables de respuesta asociadas a la plántula se evaluaron al momento del trasplante.

Cuadro 3. Variables de respuesta asociadas a la fase de almácigo del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo un sistema protegido, en Santa Clara, San Carlos. 2012.

Variable	Siglas	Unidades	Frecuencia toma de datos	Descripción
Altura de la plántula	AL	cm	Al trasplante	Con una cintra métrica Measuring (Taiwan) se tomó la altura desde la base del tallo hasta el meristemo apical.
Número de hojas	NH	Unidades	Al trasplante	Se realizó un conteo manual de las hojas verdaderas de cada plántula.
Volumen radical	VR	ml	Al trasplante	Utilizando una probeta de 200 ml con 100 ml de agua se introdujo el área radical de la plántula previamente lavada con agua y la diferencia entre los 100ml iniciales y los ml desplazados por la raíz correspondieron al volumen radical de la plántula.
Longitud Radical	LR	cm	Al trasplante	Con una cintra métrica Measuring (Taiwan) se tomó la longitud de la raíz de la base de esta hasta la raíz de mayor longitud.
Peso seco total	PST	g	Al trasplante	Las plántulas se dividieron en parte aérea y raíz y se colocaron en una bolsa de papel. Estas permanecieron por 72 horas en un horno de aire forzado a 55°C. Fueron pesadas en una balanza electrónica y se calculó el peso total por repetición, se dividió entre diez (número de plántulas) y se obtuvo el PST promedio por plántula.
Peso seco radical	PSR	g	Al trasplante	Las raíces de cada muestra utilizadas para calcular PTR se pesaron en una balanza electrónica, este peso se dividió entre diez (número de plántulas) y se obtuvo el PSR promedio por plántula.
Peso seco aéreo	PSA	g	Al trasplante	La parte aérea de las plántulas utilizadas para calcular el PTR se pesaron en una balanza electrónica, este peso se dividió entre diez (número de plántulas) y se obtuvo el PSA promedio.

3.8.2. Variables de respuesta asociadas a la fase de cultivo: floración

Para la evaluación de las variables de respuesta asociadas a la floración (Cuadro 4) se monitoreo diariamente durante la época de floración y se tomaron los datos correspondientes.

Cuadro 4. Variables de respuesta asociadas a la fase de cultivo: floración en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo un sistema protegido hidropónico, en Santa Clara, San Carlos. 2012-2013.

Variable	Siglas	Unidad	Frecuencia toma de datos	Descripción
Días a floración a partir del trasplante.	DF	Días	Diariamente durante la floración	Se realizó un conteo manual de las plantas de cada parcela útil que florecieron (antesis) y se anotaron los días a floración a partir del trasplante y esta se identificó como ya contabilizada.
Días a floración de la totalidad de las plantas a partir del trasplante.	DCF	Días	Diariamente durante la floración	Se realizó un conteo manual de las plantas de cada parcela útil que floreció (antesis) y se anotaron los días a floración a partir del trasplante por parcela útil contabilizando los días hasta que el 100% de las plantas de la parcela útil florecieron (antesis).
Racimos por planta	RP	Unidades	Diariamente durante la floración	Se cuantificó de forma manual el número de racimos por parcela útil y se dividió entre el número de plantas de la parcela útil para obtener el promedio por planta por parcela útil. Los racimos cuantificados fueron identificados para no volver a contabilizarlos.
Flores por racimo	FR	Unidades	Diariamente durante la floración	Se cuantificó de forma manual el número de flores por parcela útil y se dividió entre el número de racimos de la parcela útil. Los racimos cuantificados fueron identificados para no volver a contabilizarlos.

1.1.1. Variables asociadas a la fase del cultivo: producción y calidad del fruto

Los datos correspondientes a las variables asociadas a la producción y calidad del fruto (Cuadro 5) se tomaron al momento de la cosecha en su totalidad

Cuadro 5 Variables de respuesta asociadas a la producción en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo un sistema protegido hidropónico, en Santa Clara, San Carlos. 2012-2013.

Variable	Siglas	Unidad	Frecuencia de toma de datos	Descripción
Días a cosecha a partir del trasplante	DC	Días	A diario a partir del inicio de la cosecha	Se monitoreo de forma diaria cada parcela útil y se anotó la fecha de la primera cosecha realizada y se calcularon los días a cosecha a partir del trasplante.
Frutos por planta	FPP	Unidades	A la cosecha	Se cuantificó de forma manual el número de frutos por parcela útil y se dividió entre el número de plantas de esta (3).
Frutos por racimo	FPR	unidades	A la cosecha	Se cuantificó de forma manual el número de frutos por parcela útil. El total de frutos por parcela útil se dividió entre el total de racimos de la parcela útil.
Producción por planta	PPP	Kg	A la cosecha	Los frutos obtenidos por parcela útil fueron pesados en una balanza electrónica en gramos(g) y se convirtió a kilogramos(Kg) al momento de la cosecha. Luego este dato se dividió entre el número de plantas de la parcela útil (3).
Frutos de primera calidad	FPC	G	A la cosecha	Total de frutos de 250g o más de peso producidos por parcela útil.
Frutos de segunda calidad	FSC	G	A la cosecha	Total de frutos entre 250g y 100g producidos por parcela útil.
Frutos de tercera calidad	FTC	G	A la cosecha	Total de los frutos de menos de 100 g de peso producidos por parcela útil.

3.9. Muestreo

La toma de muestras se realizó tanto para la selección de las plántulas para evaluar las variables de respuesta asociadas a la plántula , como también las plántulas que fueron trasplantadas para evaluar las variables de respuesta asociadas a la floración y la producción.

3.10. Manejo del cultivo

Durante la realización de ambas fases del experimento el cultivo se mantuvo bajo un manejo agronómico en el que se trató de utilizar el mínimo productos químicos.

3.10.1. Fertilización y riego

Durante la primera fase el riego fue llevado a cabo con un equipo de aspersión móvil (Figura 10), conectado a un tanque con solución nutritiva completa (Cuadro 6) en el agua de riego de forma constante y se realizaron de dos a cinco riegos diarios, esto varió según las condiciones climáticas y del tamaño de las plántulas.



Figura 10. Equipo de aspersión móvil utilizado para el riego durante la producción de almácigo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) , en un sistema protegido en Santa Clara , San Calos.2012.

Cuadro 6. Relación de cationes y aniones en meq/l de la solución nutritiva utilizada para la fertilización de las plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en un sistema protegido. Santa Clara, San Carlos. 2012.

Cationes	Meq/L	Aniones	Meq/L
K ⁺	7	NO ₃ ⁻	12
Ca ²⁺	9	H ₂ PO ₄ ⁻	1
Mg ²⁺	4	SO ₄ ²⁻	7
Total	20	Total	20

A partir del inicio del cultivo definitivo la fertilización se realizó con la solución universal de Steiner (1969) citado por Hannan (1998), la cual es una solución completa (Cuadro 7), esta fue suministrada en el agua del riego la cual se encontraba en dos tanques de 1000l y 750l de capacidad el cual se realizó por goteo. El número de riegos diarios dependió de las condiciones climáticas y la etapa fenológica del cultivo, el promedio de riegos diarios fue de nueve al día durante un periodo de uno a seis minutos cada uno.

Cuadro 7. Relación de cationes y aniones en meq/l de la solución nutritiva para la fertilización a partir del momento del trasplante, en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en un sistema protegido hidropónico abierto en Santa Clara, San Carlos. 2012.

Cationes	Meq/L	Aniones	Meq/L
K ⁺	7	NO ₃ ⁻	15
Ca ²⁺	10	H ₂ PO ₄ ⁻	2
Mg ²⁺	3	SO ₄ ²⁻	3
Total	20	Total	20

3.10.2. Manejo de la estructura del cultivo definitivo

El cultivo fue manejado a dos ejes y para esto se tutoraron las plantas conforme su crecimiento lo ameritaba con mecate piola y este fue amarrado a un sistema de cables de acero aéreos dentro del invernadero, además se realizaron podas constantes de los “hijos” de las plantas que no formaban parte de los ejes principales asegurando que solo se desarrollaran dos ejes por planta.

3.10.3. Manejo de plagas y enfermedades

Para el manejo de plagas y enfermedades se realizaron aplicaciones en su mayoría preventivas y algunas de estas al notar la presencia de síntomas o signos en las plantas que ameritaran de las mismas, como se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Productos, dosis y frecuencia de aplicación durante la producción de las plántulas y el cultivo definitivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en un sistema protegido. Santa Clara, San Carlos. 2012-2013.

Producto	Dosis	Frecuencia de aplicación	Problema a tratar
Dipel	1 cc/l	Una vez por semana	larvas de lepidóptera <i>Spodoptera latifascia</i>
Kilol	2cc/l	después de cada poda	Preventivo como bactericida
Kasumin	2cc/l	una vez cada 10 días	síntomas persistentes producidos por la bacteria <i>Pseudomonas syringae</i>
Actara	1g/l	una vez por semana	Presencia de <i>Bemisia tabaci</i> (mosca blanca)

3.11. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental Irrestricto al azar con arreglo factorial, para ambos fases del experimento ya que los invernaderos utilizados para la realización del experimento presentan condiciones uniformes, fueron doce tratamientos con cuatro repeticiones por tratamiento para las dos fases del experimento.

El arreglo factorial de ambas fases del experimento se dió debido a la interacción entre edad de la plántula (48, 36, 24 y 12 días) y el volumen de la celda (105 (29,33 ml/celda), 72 (36,33ml/celda) y 50 celdas (63,33ml/celda)).

3.12. Modelo estadístico y análisis de datos

Se realizó un modelo estadístico para ambas fases del experimento.

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + E_j + (V \times E)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = Variable dependiente (observación).
- μ = media general.
- V_i = Efecto principal del volumen de celda.
- E_j = efecto principal de la edad de la plántula.
- $(V \times E)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el volumen de celda y la edad de trasplante.
- ϵ_{ijk} = error experimental

Para el análisis de los datos se utilizaron los programas estadísticos Jmp versión 10 (SAS Institute) e InfoStat.

Para iniciar se realizaron las estadísticas univariadas para todas las variables, 18 variables en total.

Luego se realizó un *Cluster* de correlaciones para las 18 variables con el fin de determinar si existían variables que estuvieran muy relacionadas entre sí.

A partir del resultado generado por el *Cluster* se procedió a hacer un análisis multivariado, en este caso específico se realizó la prueba de componentes principales y a partir de este se obtuvieron los siguientes análisis:

- *Eigenvalues*: para determinar cuáles fueron los componentes que abarcan la mayoría de la variabilidad.
- *Eigenvectors*: para determinar cuáles fueron las variables de mayor peso para cada componente.

Luego se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para todas las variables que formaban parte de los tres componentes principales. Además este análisis se aplicó a las variables correspondientes a número de hojas por planta, días a floración, días a cosecha y frutos de primera calidad para determinar si existía o no significancia para los factores edad, volumen y la interacción entre estos.

Por último se aplicó la prueba de medias para cada una de las variables tanto de los componentes principales como a número de hojas por planta, días a floración, días a cosecha y frutos de primera calidad.

3.13. Número de repeticiones y grados de libertad del error

- Fueron conformados por cuatro repeticiones por tratamiento (cuatro bandejas por tratamiento) durante la producción de las plántulas de almácigo.
- Se consideraron también cuatro repeticiones por tratamiento de cinco plantas cada una a partir del trasplante.
- Los grados de libertad del error del ensayo se calcularon según la fuente de variación y el número de repeticiones y luego el total de grados de libertad del experimento (Cuadro 9).

Cuadro 9. Grados de libertad del error y totales según la fuente de variación y el número de repeticiones en el experimento, para el cultivo hidropónico de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en un sistema protegido en Santa Clara, San Calos.

Fuente de variación	Repeticiones	Grados de libertad
Factor V	3	2
Factor E	4	3
Interacción V*E	12	6
Error experimental	-	37
Total	48	47

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la realización del experimento se generó una gran cantidad de información, ya que se evaluaron 18 variables en total, en el Cuadro 10 se muestran las estadísticas univariadas de estas 18 variables, las cuales fueron evaluadas a nivel de plántula y en el cultivo definitivo.

Cuadro 10. Estadísticas univariadas de las 18 variables evaluadas durante la producción de plántulas y a partir del trasplante en el cultivo hidropónico de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en un sistema protegido en Santa Clara, San Calos. 2013.

Univariate Simple Statistics							
Column	N	DF	Mean	Std Dev	Sum	Minimum	Maximum
Altura de la plántula (cm)	48	47,00	16,1840	9,4831	776,834	2,8600	30,1700
Número de Hojas	48	47,00	3,2953	1,9335	158,175	0,0000	6,2000
Volumen radical (ml)	48	47,00	0,8889	0,6845	42,6667	0,1000	2,2000
Longitud Radical (cm)	48	47,00	10,8894	5,1950	522,690	2,8800	19,8000
Peso seco total/ plántula (g)	48	47,00	0,1728	0,1541	8,2924	0,0037	0,4879
Peso seco radical / plántula (g)	48	47,00	0,0324	0,0315	1,5536	0,0005	0,1168
Peso seco aereo / plántula (g)	48	47,00	0,1404	0,1239	6,7387	0,0021	0,4010
DF	48	47,00	33,3854	3,8065	1602,50	26,0000	41,0000
DCF	48	47,00	34,7292	4,2564	1667,00	26,0000	44,0000
Racimos/Planta	48	47,00	10,9167	2,8637	524,000	3,0000	17,6667
Flores/Racimo	48	47,00	4,9523	0,3933	237,708	4,2800	5,9474
Días a cosecha	48	47,00	73,1667	3,9103	3512,00	66,0000	82,0000
Frutos/Planta	48	47,00	15,3958	4,0985	739,000	0,6667	24,3333
Frutos/Racimo	48	47,00	1,5043	0,6345	72,2078	0,1053	4,6667
Kg/Planta	48	47,00	2,1155	0,6699	101,546	0,0837	3,6229
FPC	48	47,00	2,1042	1,9267	101,000	0,0000	7,0000
FSC	48	47,00	31,8333	11,1132	1528,00	1,0000	56,0000
FTC	48	47,00	12,2292	5,6840	587,000	1,0000	29,0000

Como se observa en el Cuadro 10, al existir un número significativo de variables, se ha generado una gran cantidad de información y esto puede causar redundancia, por lo que se realizó como primera prueba una correlación entre todas las variables, esta prueba estandariza las variables dándole un valor de uno a cada variable para un total de 18 en la variabilidad, en la Figura 11 se presenta el conglomerado de correlaciones de estas variables (Rodríguez 2009).

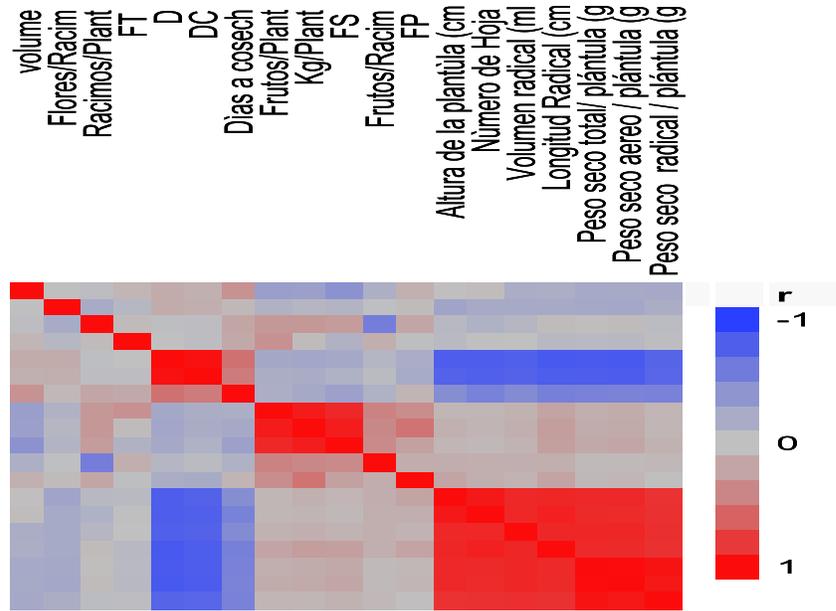


Figura 11. Conglomerado de correlaciones (*Cluster*) para 18 variables de respuesta evaluadas a nivel de plántula y cultivo definitivo, en el cultivo protegido hidropónico de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en Santa Clara, San Calos. 2013.

La Figura 11 muestra que existen tres grupos de variables con alta correlación, los cuales están marcados de color rojo, su valor de correlación es cercano a uno. A partir de este resultado se sospecha que existen variables con el mismo comportamiento, generando redundancia, por lo tanto se decide realizar un análisis multivariado, en este caso el análisis de componentes principales a partir correlaciones, con el fin de discriminar variables y disminuir la dimensión de la variabilidad basado en el principio de parsimonia; esta prueba permite seleccionar las variables que contienen la mayor parte de la información (varianza) según Rodríguez (2009).

Al realizar el análisis de componentes principales, se obtuvo para cada componente la variabilidad que cada uno de ellos capturan, esos valores son los *eigenvalues* (Figura 12).

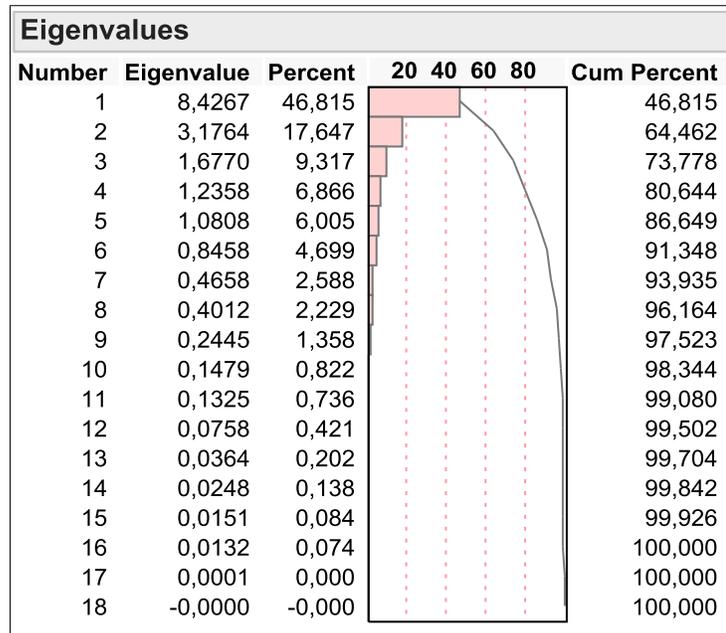


Figura 12. Distribución de la variabilidad en los componentes principales, de las 18 variables evaluadas a nivel de plántula y cultivo definitivo, para el cultivo protegido hidropónico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013.

Como se observa en la Figura 12 los componentes que capturaron mayor variabilidad fueron los tres primeros componentes, el primer componente capturó un 8,43 lo que representa un 46,82% de la misma, el segundo componente presentó un *eigenvalue* de 3,18, lo que equivale a un 17,65% y el tercer componente capturó el 9,32% con un *eigenvalue* de 1,68. Estos componentes en conjunto capturaron el 73,79% del total de la variabilidad, por lo que se seleccionan los tres primeros componentes. Estos tres componentes elegidos no se relacionan entre sí, es decir son ortogonales e independientes (Rodríguez 2009).

Elegidos los tres componentes principales, se analizaron los resultados para conocer el aporte de cada variable dentro de cada componente. Ese aporte de cada variable a cada componente se denomina *Eigenvectors*, que son los valores que representan el peso de cada variable dentro de cada componente, y las

variables con mayor peso son las variables representativas de cada uno de estos y le dan su significado (Cuadro 11).

Cuadro 11. *Eigenvectors* obtenidos para 18 variables evaluadas en tres componentes principales a nivel de plántula y cultivo definitivo, en el cultivo protegido hidropónico de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos.2013.

Eigenvectors			
Variable	Componente		
	1	2	3
Altura de la plántula (cm)	0,31786	-0,08632	-0,00967
Número de hojas	0,31936	-0,10409	-0,05588
Volumen radical (ml)	0,31518	-0,08752	-0,02738
Longitud radical (cm)	0,32559	-0,01099	0,03016
Peso seco total/plántula (g)	0,32852	-0,07520	0,05822
Peso seco radical/plántula(g)	0,31339	-0,11014	0,01239
Peso seco aéreo/plántula(g)	0,32888	-0,06591	0,06926
Días a floración	-0,31329	0,01750	-0,04211
Días a 100% floración	-0,30345	0,02885	-0,0674
Racimos/planta	-0,00480	0,17982	0,70182
Flores/racimo	-0,08656	-0,04722	-0,22159
Días a cosecha	-0,21042	-0,01183	0,20264
Frutos/Planta	0,09096	0,52087	-0,00855
Frutos/Racimo	0,05927	0,22959	-0,62165
Kg/planta	0,09967	0,52828	0,00464
Frutos primera calidad	0,06452	0,26003	0,10281
Frutos segunda calidad	0,09620	0,48900	-0,24889
Frutos tercera calidad	-0,01285	0,07984	0,81395

En el Cuadro 11 se presentan los valores de los *Eigenvectors* de las 18 variables para cada componente elegido, las variables de mayor peso son aquellas cuyos valores están marcados en cursiva y estos como se puede observar son de alto valor en un componente y bajo valor en los otros.

Para el primer componente las variables de mayor peso son LR, PST, PSA y NH para el segundo son las variables correspondientes a FPP, PPP y FSC y para el último componente solo hay una variable de peso que es RP, por lo que estas fueron las variables representativas de cada uno de los componentes. Estas

variables a su vez ayudan a darle significado a cada componente, para el primer componente las variables representativas están asociadas al crecimiento de las plántulas, para el segundo componente estas variables son de producción y para el último son las de floración. En el Cuadro 12 se presenta un resumen de estos resultados.

Cuadro 12. Significado de los componentes y las variables de mayor peso, para el cultivo protegido hidropónico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos.

	Componentes Principales							
Componente	1				2			3
Significado del componente	Crecimiento de las plántulas				Producción			Floración
Variables Representativas	Longitud radical	Peso seco total	Peso seco aéreo	Numero de hojas	Frutos/Planta	Kg/planta	Frutos de Segunda	Racimos/Planta

Definidas las variables de mayor peso para cada componente elegido, se realizó una gráfica (*Score Plot*), que permitió observar la relación para los componentes con respecto a los factores que interactuaron para definir los tratamientos (Figura 13), en esta se puede observar el comportamiento o la distribución en cada uno de ellos; la edad y el volumen que fueron los factores que en distintas combinaciones formaron los tratamientos.

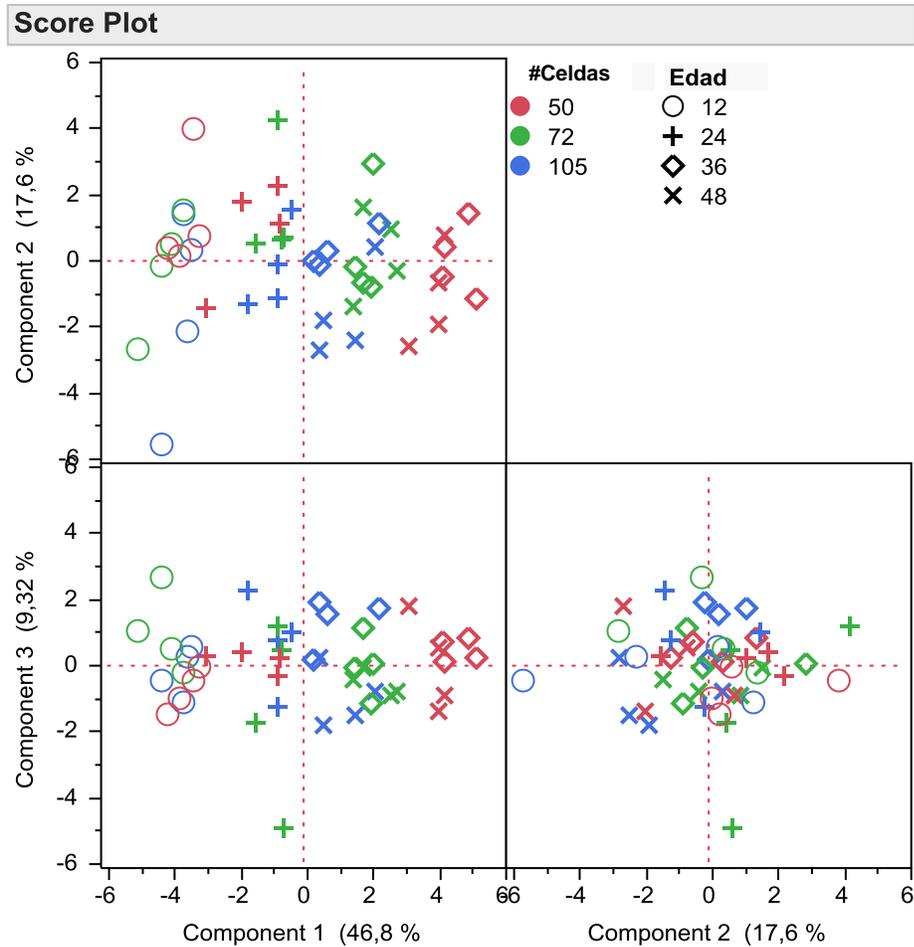


Figura 13. Relación de los factores edad de trasplante y número de celdas por bandeja para el cultivo protegido hidropónico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), para tres componentes principales, en Santa Clara, San Carlos. 2013.

En la Figura 13 se presenta el valor o peso de la interacción de los dos factores edad de trasplante y número de celdas por bandeja. En el componente uno que representa el crecimiento de las plántulas, se observa que las edades de 36 y 48 días en combinación con el factor de 50 celdas por bandeja (63,33 ml/celda), corresponden a los valores más altos, indicando una mayor afinidad hacia el componente uno.

Para el componente dos se observa que la distribución de los factores tanto de la edad como del número de celdas por bandeja no tienen un patrón claro, sino

que los valores están muy distribuidos en todos los cuadrantes, por lo que no hay una tendencia a favorecer alguno de los tratamientos, por último para el componente tres lo que se observa es un agrupamiento de los factores sin patrón alguno que como al igual que el componente dos no parece haber una tendencia a favorecer alguno de los tratamientos.

Al observar el comportamiento de las diferentes edades y números de celdas por bandeja para cada componente (Figura 13), se realizó un análisis de varianza para las variables significativas de cada componente con un $p = 0,05$ para cada factor.

Cuadro 13. Nivel de significancia de cada factor sobre las variables que conforman los componentes principales, para el cultivo protegido hidropónico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos.

	Variables							
	Componente 1 Crecimiento de las plántulas				Componente 2 Producción			Componente 3 Floración
	Longitud Radical	Peso seco total	Peso seco aéreo	Numero de hojas	Frutos por planta	Kg/planta	Frutos Segunda	Racimos/Planta
Factor								
Volumen	S	S	S	S	NS	NS	NS	NS
Edad	S	S	S	S	NS	NS	NS	NS
Volumen * Edad	S	S	S	S	NS	NS	NS	NS

NS= no significativo S= significativo a $p=0,05$

Como se observa en el cuadro anterior para las variables asociadas al crecimiento de las plántulas LR, PST, PSA y NH hubieron diferencias significativas para todos los factores y la interacción entre estos, mientras que para los componentes de producción y floración no hubo significancia, por lo tanto ninguno de los factores ni la interacción de estos afecta a estos componentes.

Lo anterior coincide con lo presentado en la Figura 13, donde los factores del componente uno tienen un claro patrón de comportamiento, en este como se

mencionó anteriormente se observan los valores más altos en las edades de 36 y 48 días y en el volumen correspondiente a 50 celdas por bandeja (63,33 ml/celda), mientras que en el componente dos no existía un patrón aparente, igual sucedió para el componente tres, coincidiendo con el análisis de significancia que se presentó en el Cuadro 13.

4.1. Crecimiento de las plántulas de tomate durante la fase de almacigo, según la edad y el volumen de celda.

En el Cuadro 14 se presentan las diferencias entre medias de la interacción de los factores volumen*edad aplicada a cada una de las variables del componente principal uno, las cuales están asociadas al crecimiento de las plántulas.

Cuadro 14. Variables asociadas al crecimiento de las plántulas (componente uno), según los factores edad y volumen para el cultivo protegido hidropónico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013.

Variables de crecimiento											
Longitud Radical			Peso Seco Total			Peso Seco Aéreo			Numero de Hojas		
Tratamiento			Tratamiento			Tratamiento			Tratamiento		
Celdas/bandeja	Edad	Media promedio	Celdas/bandeja	Edad	Media promedio	Celdas/bandeja	Edad	Media promedio	Celdas/bandeja	Edad	Media promedio
50	48	18,4075 a	50	36	0,4532 a	50	36	0,3692 a	50	48	5,65 a
50	36	16,9275 ab	50	48	0,4129 a	50	48	0,3280 a	50	36	5,15 a
72	36	14,8113 bc	72	48	0,2692 b	72	48	0,2165 b	105	48	5,13 ab
72	48	13,8733bcd	72	36	0,2339 b	72	36	0,1929 b	72	48	5,13 ab
105	48	13,5100 cd	105	48	0,2330 b	105	36	0,1838 b	72	36	4,40 b
105	36	12,9725cde	105	36	0,2179 b	105	48	0,1792 b	105	36	4,30 b
72	24	11,2100def	105	24	0,1067 c	105	24	0,0945 c	105	24	2,97 c
50	24	9,7443 ef	72	24	0,0744cd	72	24	0,0619cd	50	24	2,45 c
105	24	8,8833 f	50	24	0,0476cd	50	24	0,0397cd	72	24	2,40 c
105	12	3,5875 g	50	12	0,0108 d	50	12	0,0097 d	105	12	1,50 d
72	12	3,5725 g	105	12	0,0082 d	105	12	0,0057 d	50	12	0,38 d
50	12	3,1725 g	72	12	0,0049 d	72	12	0,0038 d	72	12	0,00 d

Letras diferentes indican diferencias entre los tratamientos según Tukey $p=0.05$

Para el componente de crecimiento de las plántulas (componente principal uno) cuyas variables representativas son LR, PST, PSA y NH todas las variables se ven afectadas por los factores, es decir existe un efecto del volumen del celda, la edad de la plántula y la interacción entre estos.

En el Cuadro 14 se puede observar el efecto de la edad y el volumen de celda sobre las variables de LR, PST, PSA, NH para las plántulas de 48 y 36 días de edad producidas en bandejas de 50 celdas (63,33ml/celda), las cuales son estadísticamente diferentes a las plántulas de 48 y 36 días de edad y producidas en bandejas de 72 celdas (36,33ml/celda) y 105 celdas (29,33ml/celda), estas últimas no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellas, esto puede deberse a la diferencia de volumen entre celdas ya que la celda de mayor volumen 63,33ml (bandeja de 50 celdas) tiene una diferencia de 27ml con la de 36,33ml (bandeja de 72 celdas) y de 34ml con la de 29,33ml (bandeja de 105 celdas), mientras que entre las celdas de 36,33ml y 29,33ml hay solo 7ml de diferencia en el volumen lo que pudo causar que estas últimas no tuvieran diferencias estadísticas entre ellas.

Para la variable correspondiente a LR, en los tratamientos de 48 y 36 días de edad y 50 celdas por bandeja (63,33ml/celda), es donde se presenta la longitud máxima que es de 18,40cm y 16,42cm respectivamente y la menor fue de 13,51 y 12,97cm para plántulas de 48 y 36 días de edad respectivamente y producidas en bandejas de 105 celdas (29,33ml/celda).

Este comportamiento también se presentó para el PST, el PSA y el NH es decir las plántulas de 48 y 36 días de edad y producidas en bandejas de 50 celdas (63,33ml/celda), tuvieron un mayor el peso seco total y aéreo y un mayor número de hojas, con un PST de 0,4532g y 0,4129g, un PSA son 0,3692g y 0,3280g y un NH de 5,65 y 5,15 respectivamente y el menor valor de PST, PSA y NH fue de 0,2330g, 0,2179g y 4,30 respectivamente en bandejas de 105 celdas (29,33ml/celda).

En este cuadro también se muestra como en las plántulas de 24 y 12 días de edad su crecimiento no se ve afectado por el volumen de celda, sino solamente por la edad de la plántula, a diferencia de las plántulas de 48 y 36 días edad donde tanto la edad como el volumen de celda afectó su crecimiento, esto quiere decir que aunque la edad si causa diferencias significativas entre todos los tratamientos, el volumen solamente afecta a las plántulas de 48 y 36 días de edad.

Para las plántulas de 24 y 12 días de edad, la LR mayor fue de 11,21 cm en plántulas de 24 días y la menor de 3,17cm en plantas de 12 días, mientras que el mayor PST y PSA fue de 0,1067g y 0,0945g respectivamente para plántulas de 24 de edad y el menor PST y PSA fue de 0,0049g y 0038g para las plántulas de 12 días de edad. Además el mayor NH fue de 2,97 hojas para plántulas de 24 días y de 0,00 para las de 12 días.

Por lo anterior el tiempo que permanece la plántula en almácigo así como el volumen de celda, afectó el crecimiento de las plántulas de 48 y 36 días de edad, esto coincide con la Figura 13 donde se observó que los valores más altos de crecimiento estaban en las edades de 36 y 48 días y la bandeja de 50 celdas (63,33 ml/celda). Esto también coincide con lo reportado por Mugnai *et al.* (2000) donde evaluaron el efecto de la restricción de raíz sobre la morfología y fisiología del tomate, utilizando bandejas con celdas de diferente volumen y donde la restricción causada por el volumen de la celda redujo el crecimiento de la planta a nivel de peso seco, debido a una menor asimilación de nutrientes por parte de las plántulas.

Singh *et al.* 2007 Xu y Kafkafi 2001 citado por Oberpaur *et al.* 2011, Lagoutte *et al.* 2009 reportan, que celdas de mayor volumen producen plantas más vigorosas, ya que estas cuenta con una mayor cantidad de agua y nutrientes disponibles; mientras que si se tiene un volumen reducido y aunque se dé un aumento en las aplicaciones de agua y nutrientes esto no logra compensar la restricción causada a las raíces por un menor volumen de celda. Sumado a esto se encuentra que el

crecimiento de las raíces y el crecimiento de la parte aérea de la planta son interdependientes por lo que si uno se ve afectado el otro también, en este caso los resultados obtenidos coinciden con todo lo anterior, ya que al restringirse el área donde se llevaba a cabo el crecimiento radical, se vio afectando no solo este, sino también el peso seco aéreo y el número de hojas, esto al comprar las plántulas de 48 y 36 días de edad producidas en bandejas de 50 celdas (63,33ml/celda), con las de la mismas edades producidas en bandejas de 72 (36,33ml/celda) y 105 (29,33ml/celda) celdas (Cuadro 14).

Romano *et al.* (2003), reportó que tanto la densidad de las plántulas como el volumen de las celdas afectaron el peso seco de las plántulas, indicando que el volumen de celda afecta el peso seco total de plantas solanáceas, esto según Vayrina (2001) es porque al producirse las plantas en celdas de mayor tamaño, se disminuye el estrés y esto favorece el crecimiento radical y a su vez un mejor crecimiento de la planta, lo cual coincide con este experimento en el que a mayor volumen de celda mayor longitud radical, mayor peso seco total y aéreo y mayor número de hojas en las plántulas, favoreciéndose con en el volumen de 50 celdas por bandeja (63,33ml/celda), y con una edad de 48 y 36 días (Cuadro 14).

Además el PST, PSA, LR y NH también se vieron afectadas por la interacción de los factores volumen y edad en las plántulas de 48 y 36 días producidas en bandejas de 50 celdas (63,33ml/celda) con respecto a las de la misma edad producidas en bandejas de 72 (36,33ml/celda) y 105 (29,33ml/celda) celdas. Según Bodnar y Garton (1996), cuanto mayor sea el volumen de la celda mayor podrá ser la permanencia de la plántula en esta y por lo tanto esta se podrá trasplantar con un mayor crecimiento, esto explica porque las plántulas de mayor edad (48 y 36 días) y producidas en mayor volumen de celda (63,33ml/celda), tuvieron un mayor crecimiento, ya que este volumen de celda permitió que las plántulas de mayor edad (48 y 36 días) presentaran un mejor crecimiento sin verse afectado por un volumen insuficiente, ya que el área en que crecieron permitió un buen desarrollo de las mismas, durante los 48 y 36 días que las

plántulas permanecieron en almácigo, no así los otros volúmenes utilizados para producir las plántulas de 48 y 36 días de edad (Figuras 14 y 15).



Figura 14. Crecimiento de plántulas de 48 días de edad producidas en bandejas de 105 celdas(A) y 72 celdas(B) con respecto a las producidas en bandejas de 50 celdas(C) para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos.2012.

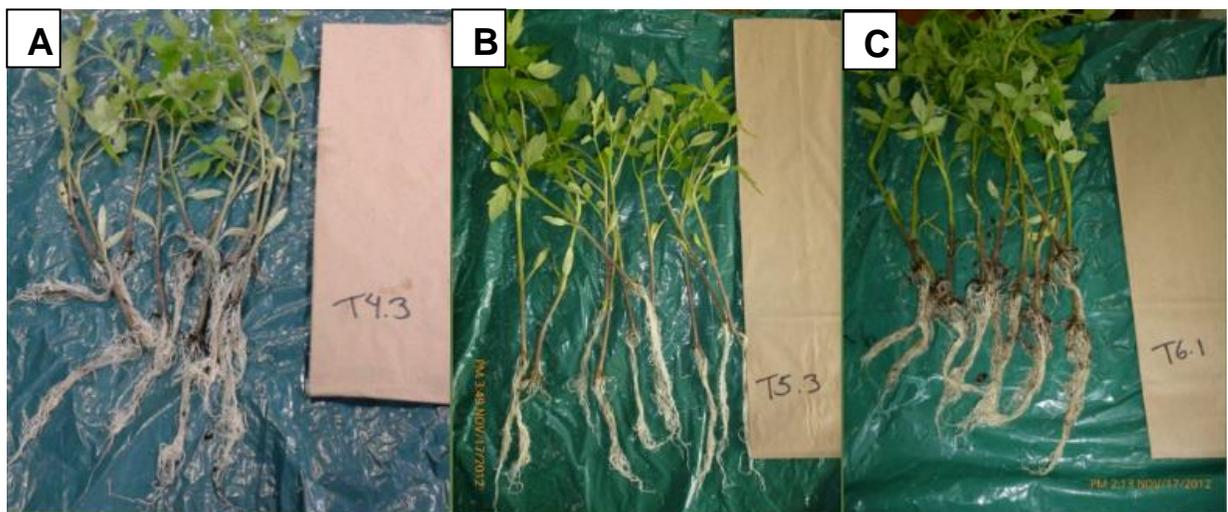


Figura 15. Crecimiento de plántulas de 36 días de edad producidas en bandejas de 105 celdas(A) y 72 celdas(B) con respecto a las producidas en bandejas de 50 celdas(C) para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos.2012.

Como se observa en las Figuras 14 y 15 el desarrollo radical y el crecimiento que se da en las plántulas de 48 y 36 días de edad respectivamente, es mayor en las plántulas producidas en bandejas de 50 celdas (63,33ml/celda) en comparación con las producidas en bandejas de 105 (29,33ml/celda) y 72 (36,33ml/celda) celdas. Según Lagoutte *et al.* (2009), al variar el volumen de celda se altera el desarrollo de las raíces y a su vez el crecimiento de la plántula, ya que esto condiciona el crecimiento a nivel aéreo y radical de la plántula donde a menor tamaño, menor es el ritmo de crecimiento ya que hay una menor cantidad de nutrientes y agua para la plántula y esto a su vez afecta la fotosíntesis ya que la planta utiliza estos nutrientes para la producción de carbohidratos los cuales son utilizados para el crecimiento de la planta.

Desde el punto de vista fisiológico varios autores mencionan que las celdas de un volumen mayor permiten sostener el crecimiento de las plántulas por más tiempo, sin afectar su fisiología y sin restringir su crecimiento a nivel radical; mientras que si el volumen es restringido hay cambios fisiológicos ya que la fotosíntesis, la cantidad de clorofila, agua y la captación de los nutrientes se ven afectados por el volumen de celda y esto como se mencionó anteriormente afecta el crecimiento de las plántulas (Ne Smith y Duval 1998 y Xu y Kafkafi 2001 citado por Lagoutte *et al.* 2009, Ullè 2009).

En este experimento se observa este comportamiento para las plántulas de 48 y 36 días de edad, ya que el mayor el crecimiento de la plántula tanto a nivel radical como aéreo se presentó en estas, producidas en bandejas de 50 celdas (63,33ml/celda), donde no hay una restricción debido al volumen de celda lo que contribuye a una mejor longitud radical así como un mejor crecimiento de la plántula, el cual está reflejado en el peso seco obtenido.

Malladi y Burns (2007), reportan que las plántulas al mantenerse en diferentes situaciones de estrés causadas en este caso por el volumen de celda en combinación con el tiempo que permanecieron las plántulas en este, genera que

diferentes reguladores de crecimiento de la plántula comuniquen información a los tejidos de la misma, esto generalmente causado por la interacción entre las auxinas y las citoquininas, esta última afectando el crecimiento aéreo el cual puede disminuir. Lo anterior coincide con los resultados obtenidos en este experimento ya que entre menor volumen de celda menor fue el PST y el PSA obtenido para las plántulas de mayor edad (48 y 36 días), ya que las citoquininas según Taiz y Zeiger (2006), son producidas en gran parte en las raíces y son hormonas que promueven la división celular, y por lo tanto si existe un crecimiento restringido de las raíces su síntesis se puede ver afectada y esto a su vez afectar el crecimiento de la plántula.

Con respecto al NH, se debe considerar que este es el órgano de la planta encargado en gran parte de la fotosíntesis, la captación de luz y la producción de fotoasimilados y para que se dé un buen crecimiento inicial en plantas jóvenes es importante el aumento de área foliar, es por esta razón que la mayoría de los asimilados en estas plantas son utilizados para la producción de hojas, además en las plantas jóvenes el peso aéreo o foliar aumentan conforme aumenta la edad y tamaño de la planta, esto coincide con los resultados obtenidos ya que a mayor edad de la plántula mayor número de hojas y por ende mayor área foliar lo que permite una mayor captación de luz y por lo tanto una mayor tasa fotosintética, lo que favorece la producción de carbohidratos los cuales al final se vieron reflejados en un mayor peso seco tanto total como aéreo (Cuadro 14) (Harssema1977 Horie *et al.* 1979 Nilwik1981 citado por Peil y Galvez 2005).

También la densidad de plántulas por bandeja pudo afectar la captación de luz ya que al ser plántulas de 48 y 36 días producidas en bandejas de 50 celdas (63,33ml/celda), había menos densidad de plántulas y por lo tanto un menor autosombreo favoreciéndose el proceso de fotosíntesis, además de que al ser un mayor volumen hay una mayor disponibilidad de nutrientes y agua y como ya se ha mencionado anteriormente, esto puede favorecer el proceso de fotosíntesis y por lo tanto la producción de fotoasimilados y esto a su vez favorecer la

producción de hojas ya que la mayoría de los asimilados de las plantas jóvenes son utilizados para la producción de estas.

En el caso de las plántulas de 24 y 12 días de edad, estas no se vieron afectadas por el volumen de celda, sino solamente por la edad de la plántula, en la Figura 16 se muestra el crecimiento que presentaban las plántulas de estas edades.



Figura 16. Crecimiento de plántulas de 24 (A) y 12 (B) días de edad, para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos.2012.

Como se observa en la Figura 16, las plántulas de 24 días de edad presentaban un crecimiento mayor a las plántulas de 12 días de edad, sin embargo este crecimiento aunque si fue afectado por la edad, no fue suficiente para ver el efecto del volumen de celda, ya que como se ve en esta figura las plántulas eran bastante pequeñas a nivel radical y aéreo, en comparación a las plántulas de 48 y 36 días de edad (Figuras 14 y 15) y esto hizo que el volumen de celda no las afectara ya que faltaba que transcurriera más tiempo para que las plántulas llegaran a un tamaño tanto radical como aéreo en el que ya se viera el efecto por este factor, al tener un sistema radical pequeño este no se vio restringido por el volumen de la celda, además al ser plántulas de poco crecimiento aéreo o foliar, todavía no se veían afectadas por la densidad de las

plántulas por bandeja y la competencia por luz ya que todavía no había autosombreo o era muy poco.

4.2. Efecto del volumen de celda y la edad de trasplante de la plántula sobre la floración y producción (cultivo definitivo).

Como resultado para las prueba de medias de la interacción de los factores edad*volumen para las variables representativas del componente dos que representa la producción y del componente tres que representa la floración, se obtuvo como resultado que no existen diferencias significativas de dicha interacción sobre la variable de floración correspondiente a RP y las variables de producción FP, PPP y FSC (Cuadro 15 y 16).

Cuadro 15. Variables asociadas a la producción (componente dos), según los factores edad y volumen para el cultivo protegido hidropónico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013.

Variables de producción								
Frutos/Planta			Kg/Planta			Frutos Segunda Calidad		
Tratamiento			Tratamiento			Tratamiento		
Celdas bandeja	Edad	Media promedio	Celdas bandeja	Edad	Media promedio	Celdas bandeja	Edad	Media promedio
72	24	17,66 a	72	24	2,58 a	50	36	41,75 a
72	48	17,33 a	50	36	2,46 a	72	24	39,00 a
50	36	17,25 a	72	36	2,37 a	50	24	37,25 a
50	12	16,41 a	50	12	2,36 a	72	48	36,75 a
50	24	16,08 a	72	48	2,35 a	50	12	35,75 a
72	36	15,50 a	50	24	2,33 a	72	36	35,25 a
105	36	15,50 a	105	36	2,28 a	105	36	31,75 a
50	48	15,16 a	105	24	2,00 a	50	48	28,75 a
105	24	13,83 a	50	48	1,96 a	105	24	27,75 a
72	12	13,66 a	72	12	1,73 a	72	12	27,25 a
105	48	13,16 a	105	48	1,62 a	105	48	22,25 a
105	12	11,41 a	105	12	1,30 a	105	12	18,50 a

Letras iguales indican que no hay diferencias entre los tratamientos según Tukey $p=0.05$

Cuadro 16. Variable asociada a la floración (componente tres), según los factores edad y volumen para el cultivo protegido hidropónico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013.

Variable de floración		
Racimos/Planta		
Tratamiento		
Volumen	Edad	Media Promedio
105	36	13,50 a
72	12	13,00 a
105	24	12,33 a
50	24	11,83 a
50	36	11,83 a
50	48	11,00 a
72	36	10,66 a
72	24	9,92 a
72	48	9,75 a
50	12	9,75 a
,105	12	9,58 a
105	48	7,83 a

Letras iguales indican que no hay diferencias entre los tratamientos según Tukey $p=0.05$

Para el componente de producción (componente dos), cuyas variables representativas son FPP, PPP y FSC no hubo ningún efecto significativo por parte de los factores (Cuadro 15) como anteriormente se mencionó, esto coincidiendo con lo observado en la Figura 13 donde para los factores del componente dos no se observó ningún patrón, esto indica que bajo las condiciones en las que se realizó el experimento la producción por planta tanto en número de frutos por planta, como en Kg de fruto por planta y frutos de segunda calidad no se ve afectada por la edad de las plántulas al trasplante, el volumen de celda en que fueron producidas las plántulas, ni la interacción de estos dos factores.

Según estos resultados al no existir ningún efecto de los tratamientos sobre la producción del cultivo, coincide con lo reportado por Argerich y Poggi (2003) en el que el tamaño de la celda no afectó el rendimiento del cultivo de tomate y lo

reportado por Ullè (2009), en que ninguno de los volúmenes de celda utilizados durante la evaluación de tomate post trasplante, afectaron los rendimientos a pesar de que existían volúmenes radicales diferentes al momento del trasplante.

Para los productores agrícolas una de las variables de mayor importancia es la producción por planta, como se observa en el Cuadro 15 la producción máxima obtenida entre los tratamientos fue de 2,58Kg por planta. Según Ramírez³ (2013) se espera que la producción mínima por planta bajo condiciones de invernadero sea de 6Kg. Por lo tanto la producción máxima obtenida en este experimento está muy por debajo de la producción mínima esperada, esto puede deberse al uso de una variedad de hábito de crecimiento determinada, ya que en un momento de su ciclo produce la inflorescencia en la yema terminal y se detiene la producción de frutos para dar paso a la senescencia de la planta (Vázquez *et al.* 2003, Castellanos *et al.* 2009).

Además de las variables representativas del componente dos (componente de producción) se decidió analizar la variable correspondiente a FPC ya que aunque no forma parte de los componentes es una variable de importancia económica para el productor.

Como se muestra en el Cuadro 17, esta variable se vio afectada por la edad a las que se trasplantó la plántula.

Cuadro 17. Nivel de significancia para la variable frutos de primera calidad para el cultivo protegido hidropónico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos.

Frutos primera calidad	
Factor	
Volumen	NS
Edad	S
Volumen*Edad	NS

NS= no significativo S= significativo a $p= 0,05$

³Ramírez, C. 2012. Producción del cultivo de tomate (entrevista). Santa Clara, San Carlos 53
Tecnológico de Costa Rica.

La mayor producción de FPC se presentó en las plantas que fueron trasplantadas a los 36, 48 y 24 días de edad con un promedio de 3,25 frutos de primera calidad por planta, mientras que las plantas que presentaron menor producción de FPC fueron las trasplantadas a la edad de 12 días con un promedio de frutos de primera calidad de 1,17 por planta (Cuadro 18).

Cuadro 18. Variable frutos de primera calidad según el factor edad para el cultivo protegido hidropónico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013.

Frutos primera calidad	
Edad	Frutos/planta
36	3,25 a
24	2,58 ab
48	1,42 ab
12	1,17 b

Letras iguales indican que no hay diferencias entre los tratamiento según Tukery $p=0,05$

Este comportamiento donde las plantas trasplantadas a los 36, 24 y 48 días produjeron una mayor cantidad de FPC como se observa en el Cuadro 18 estas tres edades no presentan diferencias estadísticas entre ellas pero si con las plantas trasplantadas a los 12 días, es un comportamiento esperado ya estas plantas tenían un mayor crecimiento que las trasplantadas a los 12 días de edad y esto pudo haber influido en la calidad del fruto por la relación fuente sumidero.

Peil y Galvez (2005) explican que los frutos son los órganos de la planta que demandan más fotoasimilados y la planta necesita enviar una cantidad de los asimilados a los órganos que permiten mantener la producción, por lo que se necesita una buena relación entre la fuente de los fotoasimilados y el sumidero de estos y esta relación puede generar variaciones en la producción y la calidad de los frutos.

Por lo anterior se puede asociar la producción de frutos de primera calidad a esta relación, ya que las plantas que fueron trasplantadas a los 36, 24 y 48 días de edad tenían un mayor crecimiento por lo que había una mejor fuente sumidero que la de las plantas trasplantadas a otras edades, además se debe tomar en cuenta que otras variables que pueden tener efecto sobre la calidad de los frutos no presentaron diferencias significativas, como lo son las variables de cantidad de racimos por planta, frutos por planta, y los Kg producidos por planta (Cuadro 15).

Con lo que respecta al tercer componente, ninguno de los factores del experimento afectó la variable de RP (Cuadro 16), los valores para esta variable fueron de entre 13,5 y 7,83 racimos por planta sin un patrón alguno dentro de los tratamientos, esto también coincide con lo observado en la Figura 13, donde no se observaba ningún patrón por parte de los factores, sino un agrupamiento de los mismos.

Aunque en este experimento no se presentaron diferencias en el número de racimos por planta, existen algunos experimentos en los que se evaluaron otros factores en los que si se presentaron diferencias para esta variable. Por ejemplo según Pérez *et al.* (2012), al evaluar el rendimiento y calidad de fruto en cuatro cultivares de tomate en Venezuela, existió una diferencia de número de racimos por planta entre los mismos donde la variedad Miramar fue la que tuvo un mayor número de racimos por planta en comparación con la variedad Alcudia.

Se ha observado también que el número de racimos por planta se puede ver afectado por el uso de ácido salicílico, en un experimento llevado a cabo en Querétaro, México evaluaron el comportamiento de plantas de tomate asperjadas con ácido salicílico cultivadas bajo diferentes condiciones climáticas en invernadero, también obtuvieron diferencias para el número de racimos por planta, en este caso evaluaron el efecto de las condiciones climáticas y las aplicaciones de ácido salicílico sobre el desarrollo de la planta y su productividad, donde utilizaron los factores de radiación fotosintéticamente activa, concentración de

CO2 y temperatura en niveles altos y bajos, donde los tratamiento con niveles de CO2 bajos y temperatura alta fueron los que mayor número de racimos por planta presentaron en comparación con el tratamiento utilizado como control (Vásquez *et al.* 2012).

Por último se analizaron dos variables que no pertenecen a ninguno de los componentes pero que son consideradas importantes a nivel productivo que son los DF y DC, ya que según Puente *et al.* 2009 al utilizar el método de trasplante puede haber una floración y fructificación temprana.

En el Cuadro 19 se observa la significancia de los factores para los días a floración y cosecha después de la germinación (ddg) y después del trasplante (ddt), ya que se puede analizar desde las dos perspectivas.

Cuadro 19. Nivel de significancia de cada factor para las variables días a floración y cosecha a partir de la germinación y a partir del trasplante, para el cultivo protegido hidropónico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos.

Factor	Variables			
	Días a floración (ddg)	Días a floración (ddt)	Días a cosecha (ddg)	Días a cosecha (ddt)
Volumen	NS	NS	S	S
Edad	S	S	S	S
Volumen*Edad	S	S	NS	NS

NS= no significativo S= significativo a $p=0,05$

Como se observa en el cuadro anterior para los días a floración existe significancia para el factor edad y para la interacción de los factores edad y volumen de celda, mientras que para los días a cosecha existe significancia para los factores edad y volumen pero no para la interacción entre estos. En el Cuadro 20 se muestran los resultados para la prueba de medias de estas variables.

Cuadro 20. Variables de días a floración y días a cosecha según los factores edad y volumen para el cultivo protegido hidropónico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013.

Días a floración y Días a cosecha											
Días a floración (ddg)			Días a floración (ddt)			Días a cosecha (ddg)			Días a cosecha (ddt)		
Tratamiento			Tratamiento			Tratamiento			Tratamiento		
Celdas/bandeja	Edad	Media promedio	Celdas/bandeja	Edad	Media promedio	Celdas/bandeja	Edad	Media promedio	Celdas/bandeja	Edad	Media promedio
105	12	49,50 a	50	36	26,75 a	105	12	86,75 a	50	36	69,25 a
50	12	49,75 a	50	48	30,00 a	50	12	87,25 a	50	48	69,25 a
72	12	50,71 a	72	36	30,75 a	72	12	91,25 ab	72	48	70,50 a
105	24	57,33 b	72	48	31,38 a	50	24	95,75 bc	72	36	71 a
72	24	57,62 b	105	48	32,50 a	72	24	97,50 bc	50	24	71,75 ab
50	24	59,50 b	105	36	32,83 a	105	24	99,50 cd	72	24	73,50 ab
50	36	62,75 b	105	24	33,33 ab	50	36	105,25 de	105	48	73,50 ab
72	36	66,75 c	72	24	33,63 ab	72	36	107,00 e	105	12	74,50 ab
105	36	68,83 c	50	24	35,50 b	105	36	110,74 ef	105	36	74,75 ab
50	48	50,78 c	50	12	37,50 b	50	48	117,25 fg	50	12	75,25 ab
72	48	79,38 d	105	12	37,75 d	72	48	118,50 g	105	24	75,50 ab
105	48	80,50 d	72	12	38,71 d	105	48	121,50 g	72	12	79,25 b

Letras diferencias entre los tratamientos según Tukey $p=0.05$

Según Pérez *et al.* (s.f.) la floración del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) se da entre los 50 y 80 días (ddg) y la cosecha entre los 81 y 100 días (ddg), en el Cuadro 15 se muestra como los días a floración y cosecha (ddg) se encuentran dentro del rango reportado.

Si vemos los días a floración y cosecha (ddg), las plantas trasplantadas a los 12 días de edad fueron las más precoces, ya que la floración se dio a los 49,50 días y llegaron a cosecha a los 86,75 días, estas seguidas por las plantas trasplantadas a los 24 días de edad que llegaron a floración a los 57,33 días y a cosecha a los 95,75 días (Cuadro 20).

Al ser las plantas trasplantadas a los 12 días de edad las más precoces, hace que el ciclo del cultivo se acorte, por lo tanto el tiempo que estas plantas

permanecen en almácigo es menor, además de que al tener una floración más temprana y permite al productor iniciar la cosecha antes en comparación a las plantas trasplantadas a otras edades.

Esto es de gran importancia especialmente ya que al acortarse el tiempo que debe de permanecer el cultivo en almácigo se pueden producir más cantidad de plántulas por año y por lo tanto hay mayor aprovechamiento del área donde este es producido, además el costo de producir el mismo disminuye, ya que las plántulas permanecen menos tiempo en el área y se necesita menos cantidad de fertilizantes y agua para producirlo y sumado a esto está el hecho de que al ser más precoz el ciclo del cultivo se pueden tener más ciclos productivos por año, sin embargo se debe tener en cuenta que al ser plantas tan jóvenes se debe tener un buen manejo post trasplante de factores como fertilización, manejo de plagas y enfermedades, entre otros, ya que al ser plantas más jóvenes son más sensibles a verse afectadas por una mala fertilización o un mal manejo del cultivo.

Por otro lado si esto se analiza desde el punto de vista de los días a floración y cosecha (ddt), estos se vieron afectados por la edad a la que fueron trasplantadas las plántulas, donde los tratamientos de mayor edad (36 y 48 días) fueron los que florecieron primero y se cosecharon primero, el promedio de días a floración fue de 26,75 (ddt) y 30, 00 (ddt) respectivamente y el promedio de días a cosecha fue de 69,25 (ddt) para ambas edades (Cuadro20).

Este comportamiento de los DF y DC después de trasplante se da ya que las plantas de mayor edad presentan un mayor desarrollo reproductivo por lo que estas tienden a florecer antes y esto a su vez provoca que se dé una producción de frutos más rápida si se analiza desde el punto de vista de días después del trasplante. Además en estas se ve un efecto más marcado del tamaño de la celda en los días a cosecha, donde las plantas trasplantadas a los 36 y 48 días de edad se vieron favorecidas por las bandejas de 50 (63,33ml/celda) y 72 (36,33ml/celda) celdas. El volumen de celda puede tener un efecto sobre la precocidad del cultivo,

ya que celdas de mayor de volumen permiten que la plántula crezca más antes de llegar al momento del trasplante, y estas plántulas son más vigorosas y precoces (Hall, 1989 Vavrina *et al.*1993 citado por Vavrina 2002, Bodnar y Garton 1996, Schrader 2000, Ne Smith y Duval 1998 y Kelley y Boyhan 2003 citado por Oberpaur *et al.* 2011, Leskovar 2001).

Por último algo importante de mencionar es la temperatura, aunque esta no fue una variable evaluada, por lo que solamente se hace como una observación, ya que según Vázquez *et al.* (2003) y Castellanos *et al.* (2009) para el cultivo de tomate se reporta que el rango óptimo de temperatura es de una temperatura diurna entre 23°C y 25°C y para la temperatura nocturna entre 15°C y 17°C. En el Cuadro 17 se presentan las temperaturas presentadas durante el cultivo definitivo.

Cuadro 21. Temperatura mínima, máxima y promedio reportada en el exterior e interior del invernadero durante el desarrollo del cultivo definitivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Santa Clara, San Carlos. 2013.

Ubicación	Mínima	Máxima	Promedio
Santa Clara	21,4	30,8	26,8
Invernadero	18,0	43,0	27,7

Fuente: Sancho, L. 2013.

Como se observa en el cuadro anterior tanto la temperatura mínima como la máxima se encuentran fuera de los rangos óptimos, ya que fueron de los 18°C a los 43°C, así como la temperatura promedio que fue de 27,7°C, y según Santos (2010) temperaturas fuera del rango óptimo pueden causar estrés al trasplante y esto además se asocia a la edad de trasplante, ya que cuando se utilizan plántulas jóvenes para el trasplante, estas sufren menos estrés al, en comparación con las plántulas de edades más avanzadas.

Estas temperaturas pueden afectar la fisiología de la planta ya que muchas de las consecuencias que sufren las plantas por estrés calórico son a nivel fisiológico. Entre los efectos del estrés por calor sobre la planta se encuentra un aumento en

la transpiración, disminución de la fotosíntesis, afectación del funcionamiento de las membranas celulares, cierre de estomas para la conservación de agua y la producción de proteínas de choque térmico que permiten que momentáneamente las proteínas de la planta puedan cumplir sus funciones (Taiz y Zeiger 2006, Campbell y Reece 2007).

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las condiciones en las que se llevó a cabo este experimento siguientes conclusiones:

El crecimiento de las plántulas de tomate, fue afectado por la edad de la plántula y el volumen de celda, así como por la interacción de los mismos, las plántulas de tomate que presentaron el mayor crecimiento fueron las de 48 y 36 días de edad, producidas en bandejas de 50 celdas (63,33ml/celda).

La cantidad de frutos y los Kg producidos por planta en el cultivo de tomate, no se vio afectada por el volumen de celda en que fueron producidas las plántulas, ni la edad a la que fueron trasplantadas.

Las plantas de tomate que presentaron mayor producción de frutos de primera calidad, fueron las que se trasplantaron a los 36 días de edad.

La producción de frutos de tomate de segunda calidad no se vio afectada por el volumen de celda ni la edad a la que se trasplantaron las plántulas.

La variable correspondiente a racimos/planta, no se vio afectada por la edad a la que se trasplantaron las plántulas de tomate, ni el volumen de celda en que estas fueron producidas.

Los días a floración y cosecha del cultivo de tomate a partir de la germinación, se vieron afectados por la edad a la que se trasplantaron las plántulas, donde las plantas de mayor precocidad fueron las pertenecientes a los tratamientos 12 días de edad seguidas por las de 24 días de edad.

Los días a floración y cosecha del cultivo de tomate a partir del trasplante, se vieron afectados por la edad a la que se trasplantaron las plántulas, donde las

plantas que florear primero fueron las trasplantadas a los 48 días de edad seguidas por las de 36 días de edad, sin embargo desde el punto de vista de precocidad las más precoces fueron las trasplantadas a los de 12 y 24 días.

6. RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en que se llevó a cabo el experimento se dan las siguientes recomendaciones:

Para los productores que utilizan la técnica de trasplante, se recomienda el uso de plántulas producidas en bandejas de 50 celdas (63,33ml/celda) y con 48 y 36 días de edad, ya que fueron las que presentaron un mayor crecimiento y fueron las primeras en llegar a floración y cosecha después del trasplante por lo que se logra acortar el tiempo del cultivo definitivo y obtener más ciclos productivos por año.

Desde el punto de vista de la producción de almacigo, se recomienda al productor de este producir las plántulas de tomate de 36 y 24 días de edad y en bandejas de 105 celdas, ya que son plántulas que presentaron un buen crecimiento y al utilizar estas plántulas podrán producir más plántulas por área utilizando una menor cantidad de sustrato.

Si lo que se quiere es acortar la duración de las plántulas en almacigo se recomienda el uso de plántulas de 12 días de edad, además estas fueron las plantas más precoces a floración y cosecha acortando el ciclo del cultivo, sin embargo se debe tomar en cuenta que es primordial dar un buen manejo post trasplante.

Se recomienda realizar el experimento y evaluar las variables de crecimiento durante la fase de cultivo definitivo para realizar una curva de crecimiento a lo largo de todo el ciclo del cultivo.

Se recomienda hacer el experimento con otras variedades, ya que la producción obtenida por planta es de un valor menor al esperado, además de también llevarlo a cabo en diferentes entornos agroecológicos.

Al llevar a cabo el experimento se recomienda evaluar variables ambientales, como temperatura, humedad y fotoperiodo, ya que las temperaturas que se presentaron durante el experimento, se encuentran fuera del rango óptimo reportado para el cultivo de tomate.

7. BIBLIOGRAFÍA

Argerich, C. Poggi, L. 2003. Seedling establishment: the effect of container size on plant survival and yield of tomatoes for processing (en línea). Acta Hort. (ISHS) 613:189-192. Consultado 10 abr. 2012. Disponible en: http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=613_27 Sólo resumen.

Barbado, J. 2005. Hidroponía (en línea). 1 ed. Buenos Aires, Argentina. Albatros. Consultado 03 jun 2012. Disponible en: <http://books.google.co.cr/books?id=aa4A0GakMRsC&pg=PA63&dq=almacigos&hl=es&sa=X&ei=aXbLT4v1H4qY8gTWzezvDg&ved=0CD4Q6AEwAg#v=onepage&q=almacigos&f=false>

_____. 2003. Huertas orgánicas (en línea). 1 ed. Buenos Aires, Argentina. Albatros. Consultado 03 jun 2012. Disponible en: http://books.google.co.cr/books?id=L5_QQs4j7PcC&pg=PA32&dq=almacigos&hl=es&sa=X&ei=aXbLT4v1H4qY8gTWzezvDg&ved=0CEMQ6AEwAw#v=onepage&q=almacigos&f=false

Bodnar, J. Garton, R. 1996. Growing Vegetable Transplants In Plug Trays (en línea). Replaces Factsheet No. 87-007. Consultado 24 may 2012. Disponible en: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/transplants-plugtrays.htm>

Bolaños Herrera, A. 2001. Introducción a la olericultura. 1ed. San José, Costa Rica. EUNED.351 p.

Campbell, N. Reece, J. 2007. Biología (en línea). Madrid, España. Editorial Médica Panamericana. 1532 p. Consultado 07 ago 2013. Disponible en: http://books.google.co.cr/books?id=QcU0yde9PtkC&pg=PA811&dq=estr%C3%A9s+de+calor+en+plantas&hl=es&sa=X&ei=eWICUuWXH4_Q9gTCuYHIAw&ved=0C

DUQ6AEwAQ#v=onepage&q=estr%C3%A9s%20de%20calor%20en%20plantas&f=false

Castellanos, J. Borbón, C. Godoy, H. Delgadillo, F. Ponce, F. Valenzuela, G. Arévalo, J. Silles, J. Muñoz, J. Corrales, J. Ojodeagua, J. Velasco, J. García, J. Mera, J. Tehuacatl, J. Báez, M. Vargas, P. Bujanos, R. García, R. Vázquez, R. Contreras, R. Villalobos, S. Vázquez, V. 2009. Manual de la producción de tomate en invernadero. Celaya, México. Intagri, S.C. 458p.

Giaconi, V. 1994. Cultivo de Hortaliza (en línea). 15 ed. Santiago; Chile. Universitaria S.A. Consultado 03 jun 2012. Disponible en: <http://books.google.co.cr/books?id=-K9xqvfddGGYC&pg=PA53&dq=almacigos&hl=es&sa=X&ei=aXbLT4v1H4qY8qTWzezvDg&ved=0CDIQ6AEwAA#v=onepage&q=almacigos&f=false>

FAO. Productos por región. 2012 (en línea). Estados Unidos. Consultado 08 abr. 2012. Disponible en: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es&country=48>

Gomez, C. Oberpaur, C. 2007. Efecto del sistema y densidad de la almaciguera en el cultivo de cebolla (*Allium cepa*). Cien. Inv. Agr. 34(3): 2. p205-214.

Grazia, J. Tittonell, P. Chiesa, A. 2002. Pepper (*Capsicum annum* L.) transplant growth as affected by growing medium compression and cell size. Agronomie 22: p 503–509.

Guzmán, M. 2002. Acondicionamiento nutritivo en semilleros y respuestas postrasplante en hortalizas. Almería, España. Universidad de Almería. 17p.

Hall, M.R. 1989. Cell size of seedling containers influences early vine growth and yield of transplanted watermelon. *Citado por*: Vavrina, C. 2002. An Introduction to the Production of Containerized Vegetable Transplants (en línea). Florida

University.p4. Consultado 12 abr 2012. Disponible en:
<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/HS/HS12600.pdf>

Hannan, J. 1998. Greenhouses advanced technology for protected horticulture. Estados Unidos. CRC Press.

Lagoutte, S. Divo de Sesar, M. Vilella, F. 2009. Efecto del tamaño de celdas y citoquininas en el crecimiento de plantas de petunia. FYTON ISSN 0031 9457,78: 31-36.

Leskovar D. 2001. Producción y ecofisiología del trasplante hortícola. Texas, USA. Texas A & University. 24p.

Malladi, A. Burns, J. 2007. Communication by Plant Growth Regulators in Roots And Shoots of Horticultural Crops. HortScience 42(5):1113-1117.

Mata, N. Núñez, J. 2003. Evaluación del efecto de la edad de trasplante sobre el rendimiento en tres selecciones de ají dulce *Capsicum chinense* Jacq. en Jusepín, estado Monagas (en línea). Rev. Fac. Agron. (LUZ). 20: 144-155. Consultado el 13 may 2013. Disponible en:
http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/abril_junio2003/Ra2033.pdf

Miskovic, A. Ilin, Z. Markovic, V. Cervenski, J. s.f Effect of substrate type and volume of container cell on quality of brassicas seedlings (en línea). - ISHS Acta Horticulturae 807 *In* International Symposium on Strategies Towards Sustainability of Protected Cultivation in Mild Winter Climate Consultado el 11 abr 2012. Disponible en: http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=807_89

Mugnai, S. Vernieri, P. Tognoni, F. Serra, G. 2000. Container volume effects on morphology and physiology of tomato seedlings (en línea). Acta Hort. (ISHS)

516:49-56. Consultado 11 abr 2012. Disponible en:
http://www.actahort.org/books/516/516_5.htm Sólo resumen.

Nuez, F. 1999. El cultivo del tomate (en línea). 1 ed. Madrid, España. Mundi prensa libros S.A. Consultado 15 jun 2012. Disponible en:
http://books.google.co.cr/books?id=EMXnooyk-TQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Oberpaur, C. Nieto, L. Dèlano, G. 2011. Influencia de tres volúmenes de contenedor en el almácigo y cultivo de coliflor. IDESIA. Volumen 29, No 1: 29 36p.

Peil, R. Galvez, J. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero (en línea). R. bras. Agrociência, v.11, n. 1: 05 07p. Consultado el 18 ago 2013. Disponible en
<http://www.periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/viewFile/1171/966>

Pérez, J. Hurtado, G. Aparicio, V. Argueta, Q. Larín, M. s.f. Cultivo de tomate. El Salvador. Centro nacional d tecnología agropecuaria y forestal. 47p.

Pérez, M. Albarracín, M. Moratinos, H. Zapata, F.2012. Rendimiento y calidad de fruto en cuatro cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas (en línea). Rev. Fac. Agron. (LUZ). 29: 395-412. Consultado el 17 Jul 2013. Disponible en:
http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/julio_septiembre2012/v29n3a2012395412.pdf

Puente, M. García, J. Ullé, J. Perticarí, A. 2009. Respuesta a la inoculación con *Azospirillum brasilense* en plantines de tomates (*Lycopersicon Esculentum* Mill) producidos en sustratos vermicompostados In Ullé, J; Davies, P; Bazzigalupi, O;

Martí, H; Torrá, E. eds. Informe Técnico 2009 del Centro Regional de Buenos Aires Norte. Buenos Aires, Argentina. INTA. p 45 – 48.

Quesada, P. 2011. Uso de compost y arena volcánica como sustratos en un sistema hidropónico abierto para el cultivo protegido de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis Lic. Ingeniería en Agronomía. Quesada, Costa Rica, Tecnológico de Costa Rica. 82 p.

Rodríguez, J. 2009. Estadística Análisis de componentes principales. Viña del Mar, Chile. Universidad de Viña del Mar. 7p.

Rodríguez, R. Tabares, J. Medina, J. 1997. Cultivo moderno de tomate (en línea). 2 ed. México D.F; México. Mundi Prensa Libros. Consultado 03 jun 2012. Disponible en: <http://books.google.co.cr/books?id=Ujmv3wMlrIMC&printsec=frontcover&dq=tomate&hl=es&sa=X&ei=BlbKT4bRBlqS9QTXst3-Dg&sqi=2&ved=0CDQQ6AEwAQ#v=onepage&q=tomate&f=false>

Romano, D., Paratore, A. Rosi, A.L. 2003. Plant density and container cell volume on solanaceous seedling growth (en línea). Acta Hort. (ISHS) 614:247-253. Consultado 11 abr 2012. Disponible en: http://www.actahort.org/books/614/614_36.htm. Sólo resumen.

Santos, B.2010. Vegetable production Handbook. Transplant production (en línea). Florida, Estados Unidos. Florida University. Consultado 13 may 2013. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/CV/CV10400.pdf>

Schrader, W. 2000. El uso de almácigos en la producción de hortalizas. California, Estados Unidos. Universidad de California. 6p.

Ullè, J. 2009a. Comportamiento post-trasplante de hortalizas de hojas y brassicáceas, provenientes de diferente volumen de contenedor y mezclas de sustratos, a base de vermicompost, turba, perlita *In* Ullè, J; Davies, P; Bazzigalupi, O; Martí, H; Torrà, E. eds. Informe Técnico 2009 del Centro Regional de Buenos Aires Norte. Buenos Aires, Argentina. INTA. p.37- 40

_____. 2009b. Comportamiento post-trasplante de tomates y berenjenas, provenientes de diferentes volúmenes de contenedor y mezclas de sustratos, a base de vermicompost, turba, perlita *In* Ullè, J; Davies, P; Bazzigalupi, O; Martí, H; Torrà, E. eds. Informe Técnico 2009 del Centro Regional de Buenos Aires Norte. Buenos Aires, Argentina. INTA. p.41- 43

Vavrina, C. 2001. Bigger is actually better: a study of transplant container cell size (en línea). Publication #HS814. Florida University .Consultado 11 abr 2012. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/hs107>

_____. 2002. An Introduction to the Production of Containerized Vegetable Transplants (en línea). Florida University. Consultado 12 abr 2012. Disponible en : <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS12600.pdf>

Vázquez, G. Escalante, J. Rodríguez, M. Ramírez, C. Escalante, E. 2011. Edad al trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento de chile apaxtleco (en línea). Revista Chapingo. Serie Hortícola. Vol.17 no.1. Consultado el 7 may 2013. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027152X2011000100010&script=sci_arttext&tlng=en

Vázquez, I. Sánchez, F. Miranda, I. 2003. Producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero. Chapingo, México. AGRIBOT. 90p.

Vázquez, M. Jiménez, S. Torres, I. Anaya, I. Mendoza, H. Guevara, R. 2012. Comportamiento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) asperjadas con ácido salicílico cultivadas bajo diferentes condiciones climáticas en invernadero (en línea). Consultado el 17 Jul 2013. Disponible en: http://www.uaq.mx/investigacion/revista_ciencia@uaq/ArchivosPDF/v5-n1/articulo6.pdf

8. ANEXOS

Anexo 1. Anàlisis de varianza para la variable correspondiente a longitud radical, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.

Effect Tests					
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Edad	3	3	593,33221	105,9954	<,0001*
volumen	2	2	43,24366	11,5878	0,0001*
volumen*Edad	6	6	59,17358	5,2855	0,0005*

Anexo 2. Prueba de medias de la variable correspondiente a longitud radical, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.

Level	Least Sq Mean
50,48 A	18,407500
50,36 A B	16,927500
72,36 B C	14,811389
72,48 B C D	13,873333
105,4 C D	13,510000
105,3 C D E	12,972500
72,24 D E F	11,210000
50,24 E F	9,744375
105,2 F	8,883333
105,1 G	3,587500
72,12 G	3,572500
50,12 G	3,172500

Anexo 3. Anàlisis de varianza de la variable correspondiente a peso seco aereo, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.

Effect Tests					
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Edad	3	3	0,42483697	144,1531	<,0001*
volumen	2	2	0,05151863	26,2215	<,0001*
volumen*Edad	6	6	0,09037826	15,3333	<,0001*

Anexo 4. Prueba de medias para la variable correspondiente al peso seco aereo, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.

Level		Least Sq Mean
50,36	A	0,36925500
50,48	A	0,32803500
72,48	B	0,21658750
72,36	B	0,19208500
105,3	B	0,18383625
105,4	B	0,17923000
105,2	C	0,09458333
72,24	C D	0,06193750
50,24	C D	0,03970500
50,12	D	0,00978250
105,1	D	0,00577250
72,12	D	0,00387500

Anexo 5. Análisis de varianza de la variable correspondiente a peso seco total, generada por el programa estadístico Jmp versión 10 durante el experimento.

Effect Tests					
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Edad	3	3	0,65828104	152,3683	<,0001*
volumen	2	2	0,08199003	28,4666	<,0001*
volumen*Edad	6	6	0,13573976	15,7094	<,0001*

Anexo 6. Prueba de medias de la variable correspondiente a peso seco total, generada por el programa estadístico Jmp versión 10 durante el experimento.

Level		Least Sq Mean
50,36	A	0,45322750
50,48	A	0,41291750
72,48	B	0,26928750
72,36	B	0,23398500
105,48	B	0,23308667
105,36	B	0,21790625
105,24	C	0,10671000
72,24	C D	0,07441750
50,24	C D	0,04765500
50,12	D	0,01082750
105,12	D	0,00821250
72,12	D	0,00490000

Levels not connected by same letter are significantly different.

Anexo 7. Análisis de varianza de la variable correspondiente a frutos por planta, generada por el programa estadístico Jmp versión 10 durante el experimento.

Effect Tests					
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Edad	3	3	11,631944	0,2269	0,8770
volumen	2	2	89,055556	2,6062	0,0877
volumen*Edad	6	6	51,851852	0,5058	0,7998

Anexo 8. Prueba de medias de la variable correspondiente a los frutos por planta, generada por el programa estadístico Jmp versión 10 durante el experimento.

Level	Least Sq Mean
72,24 A	17,666667
72,48 A	17,333333
50,36 A	17,250000
50,12 A	17,250000
50,24 A	16,416667
72,36 A	16,083333
105,36 A	15,500000
50,48 A	15,166667
105,24 A	13,833333
72,12 A	13,666667
105,48 A	13,166667
105,12 A	11,416667

Anexo 9. Análisis de varianza de la variable correspondiente a Kg producidos por planta generada por el programa estadístico Jmp versión 10.

Effect Tests					
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Edad	3	3	0,5762818	0,4817	0,6971
volumen	2	2	2,3284842	2,9193	0,0668
volumen*Edad	6	6	1,7537731	0,7329	0,6263

Anexo 10. Prueba de medias de la variable correspondiente a los Kg producidos por planta, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.

Level		Least Sq Mean
72,24	A	2,5813667
50,36	A	2,4649167
72,36	A	2,3715000
50,12	A	2,3655667
72,48	A	2,3519333
50,24	A	2,3365833
105,36	A	2,2865083
105,24	A	2,0033667
50,48	A	1,9647417
72,12	A	1,7324833
105,48	A	1,6244750
105,12	A	1,3031058

Anexo 11. Análisis de varianza de la variable correspondiente a frutos de segunda radical, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.

Effect Tests					
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Edad	3	3	348,7500	1,1572	0,3395
volumen	2	2	1114,0417	5,5448	0,0080*
volumen*Edad	6	6	402,2917	0,6674	0,6763

Anexo 12. Prueba de medias de la variable correspondiente a frutos de segunda calidad, generada por el programa estadístico Jmp versión 10.

Level		Least Sq Mean
50,36	A	41,750000
72,24	A	39,000000
50,24	A	37,250000
72,48	A	36,750000
50,12	A	35,750000
72,36	A	35,250000
105,36	A	31,750000
50,48	A	28,750000
105,24	A	27,750000
72,12	A	27,250000
105,48	A	22,250000
105,12	A	18,500000

Anexo 13. Prueba de medias de la variable correspondiente a la variable de racimos/planta , generada por el programa estadístico Jmp versión 10 durante el experimento.

Level	Least Sq Mean
105,36 A	13,500000
72,12 A	13,000000
105,24 A	12,333333
50,24 A	11,833333
50,36 A	11,833333
50,48 A	11,000000
72,36 A	10,666667
72,24 A	9,916667
72,48 A	9,750000
50,12 A	9,750000
105,12 A	9,583333
105,48 A	7,833333

Anexo 14. Análisis de varianza y prueba de medias particionada por número de celdas por bandeja de la variable correspondiente a numero de hojas por planta, generada por el programa estadístico infostat.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de hojas	48	0,97	0,96	11,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	170,23	11	15,48	102,40	<0,0001
Edad	162,22	3	54,07	357,79	<0,0001
Celdas/bandeja	2,44	2	1,22	8,08	0,0013
Edad*Celdas/bandeja	5,57	6	0,93	6,14	0,0002
Error	5,44	36	0,15		
Total	175,67	47			

Análisis de la varianza

Celdas/bandeja	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
050	Número de hojas	16	0,97	0,96	13,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	72,75	3	24,25	121,26	<0,0001
Edad	72,75	3	24,25	121,26	<0,0001
Error	2,40	12	0,20		
Total	75,15	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,93889

Error: 0,2000 gl: 12

Edad Medias n E.E.

48	5,65	4	0,22	A
36	5,15	4	0,22	A
24	2,45	4	0,22	B
12	0,38	4	0,22	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Celdas/bandeja	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
072	Número de hojas	16	0,96	0,95	15,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	63,34	3	21,11	102,67	<0,0001
Edad	63,34	3	21,11	102,67	<0,0001
Error	2,47	12	0,21		
Total	65,80	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,95204

Error: 0,2056 gl: 12

Edad Medias n E.E.

48	5,13	4	0,23	A
36	4,40	4	0,23	A
24	2,40	4	0,23	B
12	0,00	4	0,23	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Celdas/bandeja	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
105	Número de hojas	16	0,98	0,98	6,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31,70	3	10,57	221,16	<0,0001
Edad	31,70	3	10,57	221,16	<0,0001
Error	0,57	12	0,05		
Total	32,27	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,45892

Error: 0,0478 gl: 12

Edad Medias n E.E.

48	5,23	4	0,11	A
36	4,30	4	0,11	B
24	2,97	4	0,11	C
12	1,50	4	0,11	D

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Anexo 15. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable correspondiente a días a floración (ddt) artionada por el volumen de celda, generada por el programa estadístico infostat.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Dias floracion (ddt)	48	0,80	0,74	5,81	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	545,61	11	49,60	13,19	<0,0001
Edad	442,32	3	147,44	39,20	<0,0001
Volumen	20,27	2	10,13	2,69	0,0812
Edad*Volumen	83,02	6	13,84	3,68	0,0059
Error	135,40	36	3,76		
Total	681,01	47			

Análisis de la varianza					
Volumen	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
050	Dias floracion (ddt)	16	0,86	0,82	6,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	303,50	3	101,17	24,09	<0,0001
Edad	303,50	3	101,17	24,09	<0,0001
Error	50,40	12	4,20		
Total	353,90	15			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,30260
 Error: 4,1998 gl: 12

Edad	Medias	n	E.E.	
12	37,75	4	1,02	A
24	35,50	4	1,02	A
48	30,00	4	1,02	B
36	26,75	4	1,02	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Volumen	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
072	Dias floracion (ddt)	16	0,87	0,84	4,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	156,64	3	52,21	26,31	<0,0001
Edad	156,64	3	52,21	26,31	<0,0001
Error	23,82	12	1,98		
Total	180,45	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,95773

Error: 1,9847 gl: 12

Edad	Medias	n	E.E.	
12	38,71	4	0,70	A
24	33,63	4	0,70	B
48	31,38	4	0,70	B
36	30,75	4	0,70	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Volumen	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
105	Dias floracion (ddt)	16	0,52	0,39	6,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	65,21	3	21,74	4,26	0,0288
Edad	65,21	3	21,74	4,26	0,0288
Error	61,18	12	5,10		
Total	126,39	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,74069

Error: 5,0986 gl: 12

Edad	Medias	n	E.E.	
12	37,50	4	1,13	A
24	33,33	4	1,13	A B
36	32,83	4	1,13	A B
48	32,50	4	1,13	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Anexo 16. Análisis de varianza y prueba de medias para la variable correspondiente a días a cosecha (ddt), generada por el programa estadístico infostat.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Días cosecha (ddt)	48	0,53	0,39	4,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	383,17	11	34,83	3,74	0,0013
Edad	201,50	3	67,17	7,21	0,0007
Volumen	85,04	2	42,52	4,56	0,0171
Edad*Volumen	96,62	6	16,10	1,73	0,1426
Error	335,50	36	9,32		
Total	718,67	47			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,54494

Error: 9,3194 gl: 36

Edad	Volumen	Medias	n	E.E.
12	72	79,25	4	1,53 A
24	105	75,50	4	1,53 A B
12	50	75,25	4	1,53 A B
36	105	74,75	4	1,53 A B
12	105	74,50	4	1,53 A B
48	105	73,50	4	1,53 A B
24	72	73,50	4	1,53 A B
24	50	71,75	4	1,53 A B
36	72	71,00	4	1,53 B
48	72	70,50	4	1,53 B
48	50	69,25	4	1,53 B
36	50	69,25	4	1,53 B

Letras distintas indican diferencias significativas (p <= 0,05)

Anexo 17. Análisis de varianza y prueba de medias para el factor edad para la variable correspondiente a frutos de primera calidad, generada por el programa estadístico infostat.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Frutos primera	48	0,36	0,16	83,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	62,23	11	5,66	1,81	0,0879
Edad	34,73	3	11,58	3,71	0,0200
Celdas/bandeja	2,79	2	1,40	0,45	0,6426
Edad*Celdas/bandeja	24,71	6	4,12	1,32	0,2732
Error	112,25	36	3,12		
Total	174,48	47			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,84170
 Error: 3,1181 gl: 36
 Edad Medias n E.E.

36	3,25	12	0,51	A
24	2,58	12	0,51	A B
48	1,42	12	0,51	A B
12	1,17	12	0,51	B

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Anexo 18. Análisis de varianza y prueba de medias para días a floración (ddg), particionada por volumen generada por el programa estadístico infostat.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Dias floracion (ddg)	48	0,98	0,97	3,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5712,12	11	519,28	138,13	<0,0001
Edad	5608,80	3	1869,60	497,32	<0,0001
Volumen	20,28	2	10,14	2,70	0,0810
Edad*Volumen	83,04	6	13,84	3,68	0,0059
Error	135,34	36	3,76		
Total	5847,45	47			

Análisis de la varianza

Volumen	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
050	Dias floracion (ddg)	16	0,97	0,96	3,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1647,76	3	549,25	130,83	<0,0001
Edad	1647,76	3	549,25	130,83	<0,0001
Error	50,38	12	4,20		
Total	1698,13	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,30182

Error: 4,1983 gl: 12

Edad Medias n E.E.

48	78,00	4	1,02	A
36	62,75	4	1,02	B
24	59,50	4	1,02	B
12	49,75	4	1,02	C

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Volumen	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
072	Dias floracion (ddg)	16	0,99	0,98	2,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1842,88	3	614,29	310,06	<0,0001
Edad	1842,88	3	614,29	310,06	<0,0001
Error	23,77	12	1,98		
Total	1866,65	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,95514

Error: 1,9812 gl: 12

Edad Medias n E.E.

48	79,38	4	0,70	A
36	66,75	4	0,70	B
24	57,62	4	0,70	C
12	50,71	4	0,70	D

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Volumen	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
105	Dias floracion (ddg)	16	0,97	0,97	3,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2201,21	3	733,74	143,91	<0,0001
Edad	2201,21	3	733,74	143,91	<0,0001
Error	61,18	12	5,10		
Total	2262,39	15			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,74069

Error: 5,0986 gl: 12

Edad Medias n E.E.

48	80,50	4	1,13	A
36	68,83	4	1,13	B
24	57,33	4	1,13	C
12	49,50	4	1,13	D

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)

Anexo 19. Análisis de varianza y prueba de medias para días a cosecha (ddg), generada por el programa estadístico infostat.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Días a cosecha (ddg)	47	0,95	0,94	2,93	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6191,04	11	562,82	61,77	<0,0001
Edad	5937,37	3	1979,12	217,20	<0,0001
Volumen	87,24	2	43,62	4,79	0,0145
Edad*Volumen	90,38	6	15,06	1,65	0,1620
Error	318,92	35	9,11		
Total	6509,96	46			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,56569					
Error: 9,1119 gl: 35					
Edad	Volumen	Medias	n	E.E.	
48	105	121,50	4	1,51	A
48	72	118,33	3	1,74	A
48	50	117,25	4	1,51	A B
36	105	110,75	4	1,51	B C
36	72	107,00	4	1,51	C D
36	50	105,25	4	1,51	C D
24	105	99,50	4	1,51	D E
24	72	97,50	4	1,51	E F
24	50	95,75	4	1,51	E F
12	72	91,25	4	1,51	F G
12	50	87,25	4	1,51	G
12	105	86,75	4	1,51	G

Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,05)