

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE SANDÍA EN SUSTRATOS
INERTES**

CAROLINA VALERIA ESCOBAR BARRIGA

SANTIAGO, CHILE
2012

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE PREGRADO

MEMORIA DE TÍTULO

**PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE SANDÍA EN SUSTRATOS
INERTES**

**WATERMELON SEEDLING PRODUCTION IN INERT
SUBSTRATES**

CAROLINA VALERIA ESCOBAR BARRIGA

**SANTIAGO, CHILE
2012**

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

TÍTULO
PRODUCCIÓN DE PLANTINES DE SANDÍA EN SUSTRATOS
INERTES

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo

CAROLINA VALERIA ESCOBAR BARRIGA

Calificaciones

Profesor Guía

Sr. Ricardo Pertuzé C.
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.

Profesores Evaluadores

Sra. Verónica Díaz M.
Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Sr. Luis Luchsinger L.
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.

SANTIAGO, CHILE
2012

AGRADECIMIENTOS

En estas líneas deseo expresar mi infinito agradecimiento a mis padres José Escobar y Esmeralda Barriga, por siempre apoyarme en cada una de las decisiones que he tomado en la vida, por confiar en ellas y enseñarme día a día a ser una mejor persona. A mis hermanos Daniela y Claudio, mis compañeros de vida, de quienes aprendo cada día a enfrentar la vida con optimismo y mucho amor. A mi cuñada, por todas las cositas ricas que me prepara y a mis sobrinos por sus sonrisas diarias, que sin que ellos lo sepan, me llenan de alegría.

A mi esposo Alejandro Paredes, por acompañarme siempre con una palabra de ánimo, una caricia o una taza de café durante la realización de este trabajo. Por enseñarme día a día a no darme por vencida, por estar siempre presente para mí en los momentos de flaqueza y por acompañarme en el maravilloso proceso de ser padres que hemos decidido emprender.

A la profesora María Luisa Tapia por darme la oportunidad de trabajar con ella y confiar en mis capacidades, y al Profesor Ricardo Pertuzé por todo el tiempo dedicado en resolver mis dudas y problemas.

Finalmente me gustaría agradecer a cada una de las personas que me acompañaron durante toda mi vida universitaria y en esta investigación. Amigos de colegio, amigos de universidad, tías y primas que siempre me incentivaron a terminar este proceso con éxito y me incentivan día a día a asumir nuevos desafíos.

ÍNDICE

RESUMEN	1
PALABRAS CLAVES.....	1
ABSTRACT	2
KEY WORDS	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	5
MATERIALES Y MÉTODOS	6
MATERIALES.....	6
Ubicación del ensayo	6
Cultivares	6
Sustratos	6
MÉTODOS.....	6
Tratamiento y diseño experimental.....	7
Producción de plantines	7
Establecimiento de plantines en un sistema NFT-modificado	8
Evaluaciones	9
Análisis estadístico.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
Número de días grado requeridos por los cultivares para alcanzar distintos estados de desarrollo	11
Evaluación de plantines de sandía al estado de 2 ^a -3 ^a hoja verdadera	13
Materia fresca y seca al estado de 2 ^a -3 ^a hoja verdadera	14
Altura al estado de 2 ^a -3 ^a hoja verdadera.....	15
Área foliar al estado de 2 ^a -3 ^a hoja verdadera	16
Evaluación de plantas 20 días después del trasplante en un sistema NFT-modificado.....	18
Materia fresca y seca de plantas 20 días post trasplante	20
Altura plantas 20 días post trasplante.....	21

Área foliar al estado de 2 ^a -3 ^a hoja verdadera	22
Pérdida de plantas	23
Análisis Global	24
CONCLUSIONES.....	25
BIBLIOGRAFÍA.....	26
ANEXOS	29
APÉNDICES.....	30

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento de dos cultivares de sandía (*Citrullus lanatus* (Thumb.) Mat. & Nak.) desarrollados en sustratos inertes durante el período de almácigo y 20 días después de trasplante a un sistema hidropónico NFT-modificado, con el fin de evaluar el estrés postrasplante. Se utilizaron los cultivares Yellow Doll y Santa Amelia sobre 100% lana de roca Agrolan®, 100% perlita expandida A6 y una mezcla de ambos en partes iguales. Con el fin de medir la duración de las etapas de desarrollo de los almácigos de sandía desde emergencia hasta el estado de 2^a-3^a hoja verdadera (momento de trasplante) se realizó un seguimiento a los días grado (DG) acumulados. Al momento del trasplante se evaluó: materia seca y fresca, altura y área foliar. Luego de 20 días de establecidos los plantines en el sistema hidropónico, además de las variables mencionadas se evaluaron el número de hojas y el porcentaje de establecimiento de plantas.

A excepción de la altura al momento del trasplante, los tratamientos no presentaron diferencias significativas para ninguno de los factores en estudio. Aquellos plantines que se desarrollaron sobre perlita expandida pura necesitaron acumular una menor cantidad de DG para alcanzar cada uno de los estados fenológicos, situación opuesta a lo observado con los plantines desarrollados sobre lana de roca. Sin embargo, al evaluar las variables de crecimiento no se detectaron diferencias significativas entre los sustratos. Respecto de los cultivares en estado de 2^a-3^a hoja verdadera, 'Santa Amelia' solo en el parámetro materia fresca presentó resultados superiores a 'Yellow Doll', situación que se mantuvo 20 días después del trasplante. Para las otras variables en estudio no se observaron diferencias.

De esta forma, independiente del sustrato en que se desarrollaron los plantines de ambos cultivares, se logró un 100% de establecimiento en el sistema NFT-modificado, sin verse afectado el crecimiento de las plantas por las características intrínsecas de los sustratos.

Palabras Claves: *Citrullus lanatus*, 'Yellow Doll', 'Santa Amelia', lana de roca, perlita.

ABSTRACT

The effect of two watermelon cultivars (*Citrullus lanatus* (Thumb.) Mat. & Nak.) developed in inert substrates was evaluated during the nursery growth and 20 days after transplant to a NFT-modified hydroponic system to assess the posttransplant stress. 'Yellow Doll' and 'Santa Amelia' cultivars were evaluated. The substrates used were granular rockwool (Agrolan®), expanded perlite A6 and a mixture of both substrates in equal part. To measure the duration of the seedling development stage, from emergency until 2nd to 3rd true leaf (transplant stage) the accumulated degree-days were followed through the process. At transplant stage aerial fresh and dry matter, plant height and leaf area were evaluated. After 20 days of establishment in an hydroponic system, the total number of leaves and number of lost plants (establishment %) were also evaluated.

With the exception of plant height at transplant stage, no significant differences were observed between treatments due to the studied factors. Seedling growing only in perlite need to accumulate less degree-days to reach the phenological stages than seedlings growing in granular rockwool. However, no significant differences were obtained between the substrate with the other growth measurements. At 2nd - 3rd true leaf stage the cultivars showed significant effect on fresh matter, 'Santa Amelia' seedlings was significantly higher than 'Yellow Doll' seedlings, results that were maintained 20 days after transplant. The other variables on this research did not show significant differences.

According to the results, independent of the seedling bed substrate, both cultivars had 100% establishment in the NFT-modified hydroponic system, without affecting the plant growth due to the intrinsic characteristics of the substrates.

Key words: *Citrullus lanatus*, 'Yellow Doll', 'Santa Amelia', rockwool, perlite .

INTRODUCCIÓN

La sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mat. & Nak.) es una especie perteneciente a la familia Cucurbitáceas, siendo una hortaliza muy difundida en Chile y de consumo popular (Giaconi y Escaff, 2004). Según el VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal (INE, 2007), la superficie de esta especie en el país alcanza 2.906 ha, siendo la VI y VII las principales regiones productoras, destinándose principalmente para consumo fresco en el mercado interno y para producción de semillas de exportación. Escalona *et al.* (2009), indican que desde que se introdujo la variedad Klondike Striped Blue Ribbon quedó en la preferencia del agricultor un prototipo de forma y color característico, por ello otras variedades que han dominado el mercado han mantenido ese aspecto, variando solo en ser más alargada, como la Jubilee o más redondas como la Crimson Sweet.

Entre las enfermedades más importantes a nivel mundial que afecta a este cultivo está el marchitamiento de las plantas causada por los hongos *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* y *Verticillium dahliae* provocando significativas disminuciones del rendimiento (Martyn y Hartz, 1986). Para controlarlo se utiliza la fumigación del suelo con bromuro de metilo, sin embargo, debido a la contaminación generada por este producto y a la prohibición de uso en Chile a partir del año 2015 (FIA, 2008), en muchos países se ha recurrido a la injertación de cultivares de sandía en portainjertos resistentes lo que permite la producción de sandía en el mismo suelo por muchos años obteniendo buenos resultados sin desinfección de este con bromuro de metilo (Paroussi *et al.*, 2007).

Por otra parte, el cultivo sin suelo con sustratos inertes se presenta como una opción que permite el desarrollo de plantas de sandía sin necesidad de ser injertadas, lo cual disminuye la mano de obra necesaria para el cuidado de plantines. Además no presenta peligro de daño por nemátodos. Consecuentemente, los agricultores se ven liberados de onerosos gastos tales como desinfección del suelo o fumigación (Watanabe *et al.*, 2001).

Según Seniz (1994), el éxito en el establecimiento y producción de muchos cultivos, dependen en gran medida de una buena formación de raíces. Aillapan (1997) indica que para obtener un buen crecimiento y desarrollo de un cultivo, se debe estimular un desarrollo vigoroso del sistema radical, lo cual se logra propagando los plantines en un medio adecuado desde la siembra hasta el trasplante. Dicho sustrato debe proveer al plantín de una adecuada aireación, un buen balance hídrico y una temperatura óptima.

De acuerdo a Alvarado y Rojas (1996) uno de los aspectos más importantes en la producción de hortalizas es la calidad de los plantines, por cuanto es ésa calidad la que determina en gran medida que se exprese el potencial de rendimiento del cultivo. Carrasco *et al.* (2003) señalan que la producción de plantines en sustratos inertes es una alternativa que puede ser utilizada por muchos pequeños productores de hortalizas. Entre las principales ventajas se encuentran la obtención de un plantín con su raíz totalmente cubierta por el sustrato (cepellón), y evitar el uso de bromuro de metilo como agente

esterilizador del suelo. Alvarado y Rojas (1996) indican que al realizar el trasplante con el sustrato adherido a las raíces no se les causa daño a éstas y no se produce detención de crecimiento de la planta, consiguiéndose un desarrollo más temprano del cultivo y, por lo tanto, la cosecha se inicia antes que los cultivos establecidos por siembra directa o por almácigo tradicional. Según Escaff (1993) este tipo de propagación se utiliza no solo en especies tradicionalmente cultivadas en la modalidad de almácigo y trasplante, sino también en otros cultivos como melón, sandía, zapallo italiano y pepino de ensalada, lo que permite establecer plantas uniformes y con un ahorro de semillas que pueden tener en algunos casos un costo inicial importante. Junto con esto, Demir y Mavi (2004) señalan que una pobre germinación producto de la siembra directa, es un fenómeno común cuando se siembra a temperaturas inferiores a las óptimas (25-28°C), situación que afecta a los productores que siembran a fines de invierno y/o temprano en primavera, problema que podría ser evitado con la utilización de plantines.

Para asegurar la obtención de un plantín de calidad, uno de los factores fundamentales es la elección del sustrato y/o mezclas adecuadas. Si bien la oferta es variable, al momento de elegir es importante conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato, la facilidad de trabajo, y finalmente la disponibilidad local y los costos (Alvarado y Rojas, 1996).

El término sustrato se refiere a todo material sólido, diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radical, pudiendo o no intervenir en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada (Pastor, 1999).

Entre los sustratos inertes más utilizados destacan la lana de roca y la perlita, ambos poseen pH cercano al neutro y nula o muy baja CIC. Según Van der Gaag y Wever (2005), la lana de roca es uno de los sustratos más estudiados y utilizado a nivel mundial. Baixauli y Aguilar (2002) indican que al ser un material totalmente inerte se encuentra libre de patógenos y apenas interfiere con la nutrición mineral, presentando una excelente relación aire-agua. Más del 95% del agua retenida por la lana de roca esta fácilmente disponible, y prácticamente no retiene agua de reserva o difícilmente disponible (Abad, 1993).

Por otra parte la perlita expandida es un material inerte, que no se descompone ni química ni biológicamente. Posee pH neutro, muy baja CIC y capacidad tampón (Baixauli y Aguilar, 2002). Grillas *et al.* (2001) señalan que la perlita al ser un material inerte se encuentra libre de patógenos y semillas y es limpia, inodora, liviana y de fácil manipulación. Retiene el agua solo en la superficie de las partículas, o en los poros existentes entre ellas, por lo cual se utiliza comúnmente como mezcla con otro sustrato, con el fin de aumentar la aireación de la mezcla. Solo el 25 % del agua retenida por la perlita se encuentra fácilmente disponible (Abad, 1993).

Sobre la base de los resultados reportados por Tapia y Caro (2009), en la producción de plantines en sustratos inertes, destinados a cultivos hidropónicos, la mejor calidad de estos se obtiene utilizando la mezcla lana de roca y perlita expandida en partes iguales, en

comparación con los mismos sustratos puros y/o en otras proporciones.

Actualmente no existen en el país antecedentes respecto de la producción de plantines de sandía en sustratos inertes para producción hidropónica, y, dada la importancia que está adquiriendo la técnica antes mencionada, se consideró pertinente efectuar esta investigación planteando los siguientes objetivos.

Objetivo General

Evaluar crecimiento, desarrollo y posterior establecimiento en un sistema hidropónico (NFT modificado) de plantines de sandía de dos cultivares producidos en Agrolan[®], perlita expandida A6 y una mezcla de ambos sustratos en partes iguales.

Objetivos específicos

1. Caracterizar el crecimiento y desarrollo de los plantines desde su emergencia hasta el momento del trasplante (2 -3 hojas verdaderas).
2. Evaluar el establecimiento post trasplante de los plantines en un sistema hidropónico NFT-modificado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó en el Campus Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicado en la Región Metropolitana, Provincia de Santiago, comuna de La Pintana, a 32° 40' latitud sur y 70° 32' longitud oeste, con una altitud de 625 m.s.n.m.

Cultivares

Se utilizaron semillas de dos cultivares de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mat. & Nak.), 'Santa Amelia' y 'Yellow Doll'. El cultivar Santa Amelia corresponde a uno de los más usados por los agricultores en Chile debido a sus calibres grandes y alto rendimiento, presenta pulpa rosada y piel verde con estrías blancas (Seminis Vegetable Seeds Inc., 2011). El cultivar Yellow Doll, presenta pulpa amarilla y piel verde lisa, si bien no es un cultivar muy difundido en Chile, es cotizado en el extranjero por sus características organolépticas, especialmente por su color de pulpa y dulzor.

Sustratos

Se utilizaron dos sustratos, ambos inertes desde el punto de vista químico y biológico:

- Lana de roca granulada, distribuida y comercializada en Chile por Compañía Industrial El Volcán S.A. bajo el nombre de Agrolan®
- Perlita expandida A-6 la cual es fabricada y comercializada por Harborlite Chile Ltda.

Métodos

Tratamientos y Diseño Experimental

Se estableció un ensayo con un diseño experimental en bloques completos al azar con estructura factorial 2x3, con 2 cultivares y 3 sustratos (Cuadro 1), con 4 repeticiones. El ensayo se realizó en dos etapas, una en almácigo y otra luego del trasplante en un sistema NFT-modificado. Durante la etapa de almácigo, cada bloque estuvo constituido por 2 bandejas de 72 alveolos cada una. La unidad experimental fue conformada por 24 alveolos y la unidad muestral por 5 plantas. Al realizar el trasplante al sistema NFT-modificado se

mantuvieron los mismos tratamientos de la etapa anterior, la unidad experimental estuvo constituida por 5 plantas y la unidad muestral fue de 4 plantas.

Cuadro 1. Tratamientos realizados en el ensayo.

Tratamiento	Cultivar (Factor A)	Sustrato (Factor B)
T1	Yellow Doll	100% Agrolan®
T2	Yellow Doll	50% Agrolan® + 50% Perlita expandida A-6
T3	Yellow Doll	100% Perlita expandida A-6
T4	Santa Amelia	100% Agrolan®
T5	Santa Amelia	50% Agrolan® + 50% Perlita expandida A-6
T6	Santa Amelia	100% Perlita expandida A-6

Producción de plantines

La siembra de los cultivares fue realizada el día 28 de octubre de 2008, para ello el sustrato fue previamente hidratado y la mezcla fue realizada de manera volumétrica. Las semillas fueron sembradas en bandejas alveoladas plásticas termoformadas marca Protekta®, con 72 alveolos y un volumen de 43 cm³/celda (Protekta, 2011). Estas fueron dispuestas en un invernadero, cubierto con una malla rachel negra con 65% de sombreamiento para evitar la incidencia directa de luz solar sobre los plantines. Se sembró una semilla en cada alveolo con el sustrato respectivo a cada tratamiento, se ubicaron sobre una mesa metálica, cubierta con un polietileno negro de baja densidad (150 µm de espesor) acondicionada para lograr riego subsuperficial, el cual se realizó diariamente de acuerdo a la capacidad de retención de cada sustrato, finalizando éste cuando el sustrato estuvo completamente humedecido. Debido a la baja germinación obtenida con el cultivar Yellow Doll, se debió sembrar nuevamente este cultivar, el día 5 de noviembre. Para obtener una óptima germinación las semillas fueron hidratadas durante 24 horas, y como procedimiento complementario se introdujeron en una cámara de germinación (Labtech modelo LDO-150F, Namyangu, Korea) a una temperatura de 24 °C durante 48 horas.

Los cultivares utilizados fueron seleccionados de acuerdo a los resultados obtenidos en un ensayo efectuado previamente. Este consistió en un test de germinación desarrollado de acuerdo a las normas ISTA (1976) y posteriormente se observó el crecimiento y desarrollo de los cultivares hasta el estado de tercera hoja verdadera. El test de germinación se realizó a una temperatura de 25°C, obteniendo los cultivares Santa Amelia y Yellow Doll un 100% de germinación.

La fertilización de los plantines se realizó una vez que éstos alcanzaron el estado de cotiledones expandidos aplicando durante toda la etapa de almácigo una solución nutritiva concentrada al 50%, abastecida mediante el riego. El detalle de la solución nutritiva aplicada se presenta en el Anexo I.

Para el control de *Liriomyza huidobrensis* (larva minadora) y *Agrotis* spp. (gusano cortador) se aplicó Dimetoato 40 EC (Dimetoato 40% p/v), insecticida sistémico en una dosis de 2,5 mL L⁻¹. La aplicación se realizó el día 23 de noviembre de 2008 en estado de 1ª hoja verdadera completamente expandida.

La etapa de almácigo se consideró desde el momento de siembra hasta que 50% de los plantines de ambos cultivares alcanzaron el estado de dos a tres hojas verdaderas completamente expandidas. Una vez ocurrido esto, se seleccionaron 5 plantas por repetición las cuales fueron establecidas en un sistema NFT-modificado

Establecimiento de plantines en un sistema NFT-modificado

Las plantas establecidas en el sistema NFT-modificado se mantuvieron solamente durante 20 días para evaluar el shock post trasplante.

El módulo hidropónico NFT-modificado utilizado constó de 7 perfiles de PVC de sección rectangular (9 cm de ancho y 5 cm de altura) dispuestos con una pendiente entre 1-2% y una distancia entre ellos de 25 cm. Los perfiles presentaron en su parte superior perforaciones cada 25 cm, para la colocación de un plantín en cada una de éstas. La solución nutritiva fluye por el interior de los perfiles alcanzando una altura que varía entre 0,5-1 mm.

La solución nutritiva se almacenó en un estanque acumulador de PVC y su circulación se realizó utilizando una bomba centrífuga de 0,5 HP (Pedrollo, modelo Pump PKm 60 ®, Verona, Italia). Esta impulsaba la solución a una válvula de distribución ubicada en la parte más alta de los perfiles de cultivo. El flujo de solución nutritiva fue constante con un caudal promedio de 2,0 L min⁻¹.

Se ubicó un plantín en cada perforación de la canaleta siendo fijadas con una esponja de poliuretano expandido de baja densidad a la altura del cuello de cada planta. El trasplante desde la bandeja plástica alveolada al sistema hidropónico se realizó con el cepellón formado por las raíces y el sustrato adherido con el fin de disminuir el estrés post trasplante.

Durante esta etapa la fertilización fue realizada a través de solución nutritiva completa recirculante (Anexo I). Con el fin de mantener un volumen constante de solución circulando, el consumo diario se repuso con agua, procurando mantener el pH y conductividad eléctrica de esta.

Evaluaciones

Las evaluaciones del ensayo se realizaron durante la etapa de almácigo, al momento de trasplante y a los 20 días después de este.

1. **Etapa de almácigo:** Esta etapa comprendió desde la siembra hasta que el 50% de los plantines alcanzó el estado de dos a tres hojas verdaderas completamente expandidas. Con el fin de caracterizar el crecimiento y desarrollo de los plantines se llevó a cabo un registro de los Días-grado (DG) acumulados desde siembra hasta que el 50% de las plantas de cada unidad experimental llegó a los estados de:

- Emergencia
- Cotiledones expandidos
- Primera hoja verdadera expandida
- Segunda hoja verdadera expandida

Para realizar el cálculo de los DG acumulados se llevó un registro con las temperaturas máximas y mínimas diarias, las cuales fueron ingresadas diariamente a la siguiente formula:

$$DG = \left(\frac{T^{\circ}\text{máx} + T^{\circ}\text{mín}}{2} \right) - Tu$$

Donde:

$T^{\circ}\text{máx}$ = Temperatura máxima diaria

$T^{\circ}\text{mín}$ = Temperatura mínima diaria

Tu = Temperatura umbral de crecimiento. Para sandía corresponde a 15°C (González, 2003).

2. **Trasplante:** Una vez que el 50% de los plantines alcanzó el estado de 2^a-3^a hoja verdadera completamente expandida se tomó una unidad muestral de 5 plantas por repetición de forma aleatoria, a las cuales se le realizaron las siguientes mediciones:
 - **Altura de la planta (cm):** Medida con regla centimétrica desde el punto de separación raíz-parte aérea hasta el ápice de la hoja extendida de mayor altura (Apéndice I).
 - **Área foliar (cm²):** Medido en con un integrador de área foliar LI-COR (modelo LI-3000, Nebraska, USA).
 - **Materia fresca de la parte aérea (g):** Se separó el sistema radical de la parte aérea y se registró en una balanza de precisión (Adam Equipment Co Ltd, modelo AAA 100L, Danbury, CT, USA).

- Materia seca de la parte aérea (g): Luego de separar el sistema radical, las muestras de la parte aérea fueron llevadas a una estufa de circulación forzada de aire (Labtech modelo LDO-250F, Namyangu, Korea), en la cual las plantas de mantuvieron a 70°C hasta masa constante, una vez alcanzada ésta, las muestras se evaluaron en la balanza de precisión mencionada anteriormente.

3. Establecimiento: Luego de realizadas las mediciones descritas anteriormente, se seleccionaron otras 5 plantas por repetición, las cuales fueron trasplantadas a un sistema hidropónico tipo NFT-modificado en donde se mantuvieron durante 20 días. Una vez transcurrido este período se seleccionaron 4 plantas, a cada una de ellas se les realizaron las mismas mediciones que al momento del trasplante (altura de la planta, área foliar, materia fresca de la parte aérea y materia seca de la parte aérea) y de la misma forma.

En esta oportunidad adicionalmente se evaluaron:

- Número de hojas a los 20 días: Se realizó un conteo del total de hojas presentes en la planta.
- Pérdida de plantas (%): Número de plantas muertas a los 20 días de trasplante, en relación al total de plantas de cada tratamiento.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron evaluados a través de un Análisis de Varianza (ANDEVA), para determinar la existencia de interacciones entre los factores y diferencias estadísticas significativas entre los niveles de cada factor. Cuando se presentaron interacciones entre los factores se analizó los tratamientos en conjunto, cuando no se presentaron interacciones se analizó cada factor por separado con la prueba de comparaciones de rangos múltiples de Tukey, para un nivel de significancia de 5%.

Los parámetros número de hojas por planta y porcentaje de plantas perdidas fueron transformados para lograr su ajuste a las condiciones de normalidad y así realizar el ANDEVA. Las transformaciones se presentan a continuación.

$$\text{N}^\circ \text{ hojas corregido} = \sqrt{n + 1}$$

Donde n = número de hojas por planta.

$$\text{Porcentaje de establecimiento transformado} = \text{arcoseno} \sqrt{x}, \text{ según transformación de Bliss}$$

Donde x = número de plantas muertas/total de plantas de cada tratamiento (Montgomery, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de Días grado requeridos por los cultivares para alcanzar distintos estados de desarrollo

Para medir la duración de cada una de las etapas de desarrollo que presentan los diversos cultivos se puede utilizar el número de días transcurridos para alcanzar una determinada etapa o la suma térmica (termoperíodo). Esta última consiste en la suma de calor por sobre el umbral o base para alcanzar un determinado estado fenológico y se expresa como Días-grado (DG) (Gil, 1997). González (2003) estableció que para sandía este umbral corresponde a 15°C, bajo este valor el crecimiento del cultivo no tiene lugar.

Con respecto a esto, Faiguenbaum (1986) considera que el número de días necesarios para alcanzar los estados de desarrollo es un parámetro poco preciso, puesto que puede variar de un año a otro dependiendo de las fechas de siembra y de las condiciones climáticas que se hayan presentado durante el período de desarrollo del cultivo. El cálculo de las unidades calóricas (DG), a pesar que depende de las condiciones climáticas, entrega una medida algo más estable, debido a que este sistema correlaciona el crecimiento, desarrollo y madurez del cultivo con la temperatura ambiente, por lo que resulta más eficiente que los días calendario para predecir fechas de madurez (Newman *et al.*, 1968).

Los tratamientos en estudio en este ensayo no presentaron interacción de los factores (sustrato x cultivar), en los estados de desarrollos analizados ($p > 0,05$). Una vez descartada la interacción se procedió a analizar estadísticamente cada uno de los factores por separado, con el fin de identificar diferencias significativas atribuibles a ellos. Este procedimiento se realizó en cada una de las evaluaciones realizadas.

En el Cuadro 2 se presentan los DG acumulados por los cultivares y los sustratos para completar los diferentes estados de desarrollo en estudio de acuerdo a las temperaturas registradas durante el período de almácigo (Apéndice II). Se puede inferir que el factor cultivar no presentó diferencias significativas en los resultados obtenidos, siendo el factor determinante en la respuesta de los distintos tratamiento evaluados los sustratos utilizados, los cuales presentan diferencias significativas en todos los estados de desarrollo ($p \leq 0,05$).

Al analizar las diferencias presentadas entre los sustratos, se observa que los plantines desarrollados sobre 100% lana de roca necesitaron acumular una cantidad de DG significativamente mayor que los plantines que se desarrollaron en 100% perlita expandida para alcanzar todos los estados fenológicos evaluados. En tanto, la mezcla de sustratos presentó diferencias significativas con 100% Agrolan en el estado de emergencia y 1^a hoja verdadera, no presentando diferencias con otros sustratos en los restantes estados (Cuadro 2).

Cuadro 2. **Días-grado** acumulados desde siembra a los distintos estados fenológicos en función de los cultivares y sustratos evaluados.

Factores	Niveles	Días grado acumulados desde siembra a			
		Emergencia	Cotiledones Expandidos	1ª hoja verdadera expandida	2ª hoja verdadera expandida
Cultivar ns ^z	Yellow Doll	57,8	72,2	148,1	227,5
	Santa Amelia	51,1	70,3	155,2	238,5
Sustrato	100 % Agrolan ®	70,9 b ^y	83,6 b	164,5 b	257,1 b
	50% Agrolan®-50% Perlita	49,7 a	70,4 a b	147,9 a	226,3 a b
	100% Perlita expandida	42,8 a	59,7 a	142,6 a	215,8 a

^y Valores que presentan letras iguales en el sentido vertical dentro del mismo factor no difieren significativamente ($p > 0,05$). ns^z valores no significativos

De acuerdo a los resultados, el sustrato influye de manera significativa en el desarrollo de los plantines, siendo mayor el requerimiento de DG en aquellos sembrados sobre lana de roca o cuyo sustrato posee un mayor porcentaje de este. Resultados similares observó Armijo (2010) en la producción de plantines de espinaca en sustratos en base a lana de roca y perlita mezclada en diversas proporciones. En su investigación observó que los plantines desarrollados en un sustrato con un mayor contenido de lana de roca necesitaron mayor cantidad de DG para alcanzar cada estado fenológico, especialmente en los primeros estados, asociando esto no a la temperatura ambiental sino a la temperatura alcanzada por el sustrato producto de su composición y su contenido relativo de agua.

En relación a lo anterior, Urrestarazu *et al.* (2004) señalan que los sustratos presentan una menor inercia térmica que el suelo, por lo que las variaciones térmicas que se producen son mayores, pudiendo esto condicionar la producción y el crecimiento. La temperatura del sustrato en los cultivos hortícolas es un factor limitante que puede perjudicar el crecimiento de la planta, la que depende en gran medida de la inercia térmica de los mismos y viene determinada fundamentalmente por: las características del material del sustrato y del material que lo envuelve, el volumen del sustrato y el agua retenida por el sustrato (López-Gálvez *et al.*, 1996).

Van der Gaag y Wever (2005) señalan que la lana de roca retiene más agua que la perlita. En este sentido, un mayor contenido de agua en el sustrato puede provocar un retraso en el aumento de la temperatura de éste, y como consecuencia, un retraso en la germinación y en la emergencia.

Es importante indicar que tal como señalan Demir y Mavi (2004) una baja germinación es un fenómeno común cuando existen temperaturas menores a las exigidas por el cultivo de sandía. Debido a esto es común observar en plantaciones de sandía de siembra directa el uso de acolchado (“mulch”) plástico, que permite aumentar la temperatura del suelo mejorando las probabilidades de obtener una buena germinación. Sin embargo, este

procedimiento no garantiza el desarrollo exitoso del 100% de las semillas germinadas.

Por otro lado, Tapia y Caro (2009) analizaron los DG necesarios para que plantines de lechuga alcancen distintos estados fenológicos, no encontrando diferencias significativas entre los sustratos utilizados (Agrolan®, perlita y mezcla de ellos). Sin embargo, Aillapan (1997) produjo plantines de pepino de ensalada, tomate y lechuga en distintos sustratos (turba, perlita, vermiculita, tierra de hoja) y mezclas de ellos. Sus resultados mostraron que los plantines de lechuga se desarrollaron de buena forma en todos los sustratos y sus mezclas, ocurriendo lo contrario con el pepino de ensalada que solo se desarrolló bien en tierra de hoja; los plantines de tomate se desarrollaron de manera adecuada en tierra de hoja, turba, vermiculita y una mezcla de los últimos. Por lo tanto, tal como lo indica Armijo (2010), otras especies hortícolas son más apropiados que lechuga para detectar diferencias causadas por los sustratos en las primeras etapas fenológicas del plantín.

Evaluación de plantines de sandía al estado de 2^a -3^a hoja verdadera

Al momento del trasplante los plantines se encontraban en el estado de 2^a - 3^a hoja verdadera completamente expandida, con hojas verdes turgentes, sin signos de clorosis (Figura 1). Dependiendo del tratamiento en estudio el cepellón presentó distintas características según el sustrato por el cual se encontraba constituido.



Figura 1. Plantines de sandía al trasplante. T1: cv. Yellow Doll + 100% Agrolan®, T2: cv. Yellow Doll + 50% Agrolan® + 50% Perlita expandida, T3: cv. Yellow Doll + 100% Perlita expandida, T4: cv. Santa Amelia + 100% Agrolan®, T5: cv. Santa Amelia + 50% Agrolan® + 50% Perlita expandida, T6: cv. Santa Amelia + 100% Perlita expandida

Como se aprecia en la Figura 1, los tratamientos cuyo sustrato correspondía a 100% Agrolan® (T1 y T4) presentaron un cepellón compacto, con el sustrato adherido a sus raíces, al igual que los resultados obtenidos por Tapia y Caro (2009) y Armijo (2010). Este último autor destaca que el mayor grado de agregación presentado por la lana de roca está dado principalmente por su capacidad de retener agua, facilitando la adhesión entre sus gránulos, ejerciendo una función estructural para las raíces. Junto con esto, la gran cantidad de raíces generadas por ambos cultivares permitió la formación de un cepellón firme y de fácil manipulación. En el caso de los tratamientos cuyo sustrato fue la mezcla de ambos (T2 y T5), el cepellón mantuvo su forma al momento de ser extraído del alveolo, pero se disgregaba con facilidad al ser manipulado. Por otra parte, los tratamientos T3 y T6, cuyos plantines fueron desarrollados en su totalidad sobre perlita presentaron un cepellón disgregado, producto de la baja cohesión entre las raíces y el sustrato, lo que dificulta su manipulación.

La importancia de la formación de un buen cepellón radica en que éste permite disminuir el estrés del momento del trasplante. Giacconi y Escaff (2004) indican que los plantines que se sacan con un sistema radical completo que conforma un pan compacto resisten de mejor manera el trasplante a su lugar definitivo, lo cual provoca una rápida expansión radical, con el correspondiente desarrollo vegetativo y una pérdida insignificante de plantas. En este mismo sentido Alvarado y Rojas (1996) señalan que la formación de un cepellón con el sustrato adherido a las raíces permite que éste no se disgregue, asegurando la continuidad del crecimiento y un óptimo establecimiento.

Materia fresca y seca al estado de 2^a - 3^a hoja verdadera.

Al analizar los resultados obtenidos para estas variables no se encontró interacción significativa entre los factores. A causa de esto y con el fin de identificar el factor que afecta los resultados, se analizaron los cultivares y sustratos de manera independiente (Cuadro 3).

Cuadro 3. **Materia fresca y seca** de plantines de sandía al estado de 2^a-3^a hoja verdadera en función de los cultivares y sustratos evaluados.

Factores	Niveles	Materia fresca (g)	Materia seca ns^z (g)
Cultivar	Yellow Doll	0,58 A ^y	0,037
	Santa Amelia	0,69 B	0,039
Sustrato ns ^z	100 % Agrolan ®	0,62	0,033
	50% Agrolan ®-50% Perlita	0,68	0,045
	100% Perlita expandida	0,61	0,035

ns^z No se presentaron diferencias significativas. ^y Valores que presentan la misma letra en sentido vertical dentro del factor no difieren significativamente ($p > 0,05$).

Tal como se aprecia en el Cuadro 3, la variable materia seca no presentó diferencias significativas en ninguno de los factores analizados. En tanto, para materia fresca se observó que 'Santa Amelia' alcanzó una mayor materia fresca promedio de la parte aérea que 'Yellow Doll' al estado de 2^a - 3^a hoja verdadera expandida.

Para el caso de los sustratos, tanto en materia seca como en materia fresca, los datos obtenidos por los tratamientos con mezcla de sustrato arrojaron promedios aparentemente superiores a los obtenidos por los sustratos puros, sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas, a diferencia de lo observado por Tapia y Caro (2009) quienes encontraron que aquellos plantines de lechuga que se desarrollaron en un medio con un mayor contenido de lana de roca alcanzaron una mayor materia fresca y seca que aquellos desarrollados en un 100% de perlita expandida. Las diferencias con Tapia y Caro (2009) pueden deberse a la especie utilizada, ya que Russo (2005) realizó estudios con sandía en 4 sustratos distintos, obteniendo resultados sin diferencias estadísticas significativas al comparar la materia fresca y seca de los plantines para cada uno de los sustratos, indicando que los nutrientes del medio en conjunto con los almacenados en los cotiledones son suficientes para producir plantines de calidad adecuada para su trasplante.

Altura al estado de 2^a - 3^a hoja verdadera.

Al analizar la altura de los plantines al estado de 2^a - 3^a hoja verdadera expandida se encontró interacción entre los factores evaluados (sustrato x cultivar), por lo cual se analizaron las combinaciones de los factores (tratamientos), detectándose diferencias significativas entre ellos, las que se exponen en el Cuadro 4.

Cuadro 4. **Altura** de plantines de sandía al estado de 2^a - 3^a hoja verdadera expandida en función de las combinaciones de cultivares y sustratos evaluados.

Tratamientos	Cultivar	Sustrato	Altura (cm)
T1	Yellow Doll	100% Agrolan®	9,8 c ^z
T2	Yellow Doll	50% Agrolan ®-50% Perlita	8,5 b
T3	Yellow Doll	100% Perlita expandida	7,5 a
T4	Santa Amelia	100% Agrolan®	8,6 b
T5	Santa Amelia	50% Agrolan ®-50% Perlita	8,5 b
T6	Santa Amelia	100% Perlita expandida	7,5 a

^z Valores que presentan letras iguales en el sentido vertical, no difieren significativamente (Tukey $p > 5\%$).

De acuerdo al Cuadro 4, la mayor altura la alcanzó el cultivar Yellow Doll sobre 100% Agrolan® (9,8 cm), el cual presenta diferencias significativas con todos los otros tratamientos. En tanto, la menor altura fue la alcanzada por ambos cultivares desarrollados sobre perlita expandida, resultados similares a los observados por Tapia y Caro (2009).

De acuerdo a lo señalado por Escaff (1993), la elección de una buena semilla es uno de los factores determinantes para toda producción hortícola. Webner y Maynar (2003) indican que dependiendo del cultivar (características genéticas) las sandías producidas pueden tener distinto tamaño, forma, color de pulpa, etc. Además Lewis (2006) agrega que dependiendo del cultivar seleccionado será la calidad y el vigor de la plántula a trasplantar.

Con respecto a la influencia del sustrato, Huber *et al.* (2005), realizaron estudios en pepino, concluyendo que los plantines desarrollados sobre lana de roca alcanzaron una mayor altura que aquellos desarrollados sobre espuma de uretano.

De acuerdo a los análisis estadísticos mostrados en el Cuadro 4, las alturas alcanzadas por cada uno de los tratamientos se deben a la interacción de los factores en estudio, por lo tanto, las alturas alcanzadas se deben a la combinación de las características genéticas de cada cultivar en estudio y las características de los sustratos utilizados, no siendo posible atribuir la respuesta a ningún factor por separado.

Área foliar al estado de 2^a - 3^a hoja verdadera.

Los resultados obtenidos para el área foliar al momento del trasplante se presentan en el Cuadro 5. En el se observa que no se presentó interacción y los tratamientos analizados no presentaron diferencias significativas entre los niveles de ninguno de los factores. El promedio de área foliar alcanzada por los plantines de sandía al estado de 2^a - 3^a hoja verdadera de 12,77 cm².

Cuadro 5. **Área foliar** al estado de 2^a – 3^a hoja verdadera expandida en función de los cultivares y sustratos evaluados.

Factores	Niveles	Área foliar ns^z (cm²)
Cultivar	Yellow Doll	13,1
	Santa Amelia	12,5
Sustrato	100 % Agrolan ®	12,4
	50% Agrolan ®-50% Perlita	13,8
	100% Perlita expandida	12,1

ns^z Valores no presentaron diferencias significativas entre los niveles de cada factor ($p > 0,05$).

Diversos autores han realizados estudios respecto del desarrollo de distintas especies sobre sustratos orgánicos e inorgánicos, obteniendo diferentes resultados según las especies y los sustratos con los que trabajaron. Es así como, Nicola *et al.* (2002) trabajaron con *Eruca sativa* y *Valerianella olitoria* sobre lana de roca y una mezcla de perlita con turba; ambas especies, cuyo órgano de consumo es la hoja, alcanzaron mayor área foliar al crecer en una mezcla de perlita y turba en comparación con aquellos plantines desarrollados en lana de roca. Situación distinta a la observada por Tapia y Caro (2009), quienes encontraron que

plantines de lechuga alcanzaron mayor área foliar al aumentar el contenido de lana de roca en el sustrato utilizado. En el caso de cucurbitáceas, Huber *et al.* (2005) no encontraron diferencias significativas entre plantines de pepino desarrollados en lana de roca versus aquellos desarrollados sobre espuma de uretano, situación similar a lo observado en este estudio.

Evaluación de plantas 20 días después del trasplante en un sistema NFT-modificado.

Luego de 20 días de trasplantados al sistema NFT modificado, los plantines de sandía se encontraban en un estado avanzado de desarrollo, comenzando algunos de ellos el estado de floración (Figura 2).



Figura 2. Arquitectura de la parte aérea de plantas de sandía en sistema NFT – modificado. T1: cv. Yellow Doll - 100% Agrolan ®, T2: cv. Yellow Doll - 50% Agrolan ® + 50% Perlita expandida, T3: cv. Yellow Doll + 100% Perlita expandida, T4: cv. Santa Amelia + 100 % Agrolan ®, T5: cv. Santa Amelia + 50% Agrolan ® + 50% Perlita expandida, T6: cv. Santa Amelia + 100% Perlita expandida.

Al comparar la arquitectura de plantas de ambos cultivares (Figura 2) se pudo observar que en esta etapa de desarrollo 'Santa Amelia' (T4-T5-T6) presentó una forma arrocetada, con entrenudos y pecíolos cortos, a diferencia de 'Yellow Doll' (T1-T2-T3) que presentó un crecimiento foliar más expandido con pecíolos largos, abarcando una mayor superficie en el área donde ha sido plantada.

En la Figura 3 se puede observar la arquitectura de la parte aérea y radical de las plantas luego de 20 días de trasplante para cada uno de los tratamientos en estudio.

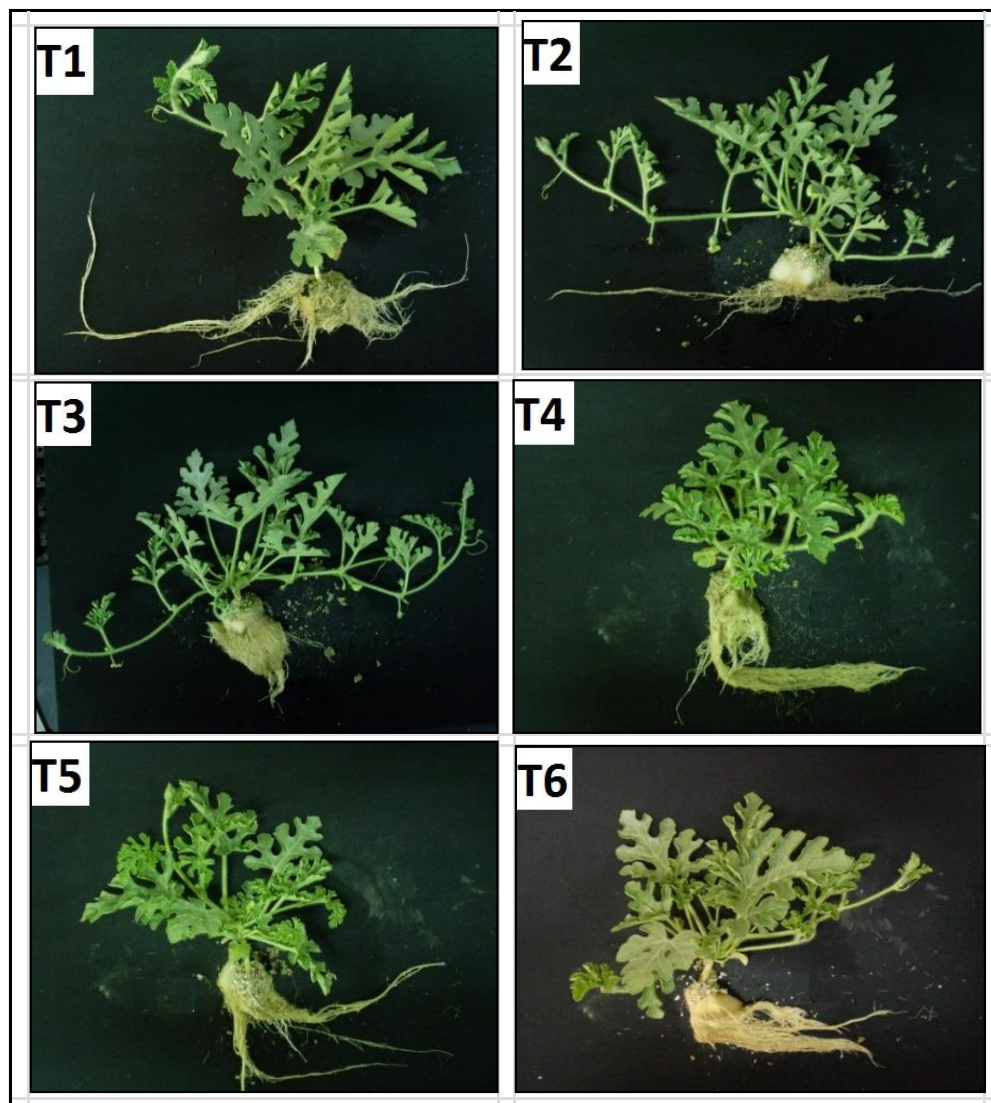


Figura 3. Plantas de sandía 20 días post trasplante. T1: cv. Yellow Doll + 100% Agrolan®, T2: cv. Yellow Doll + 50% Agrolan® + 50% Perlita expandida, T3: cv. Yellow Doll + 100% Perlita expandida, T4: cv. Santa Amelia + 100% Agrolan®, T5: cv. Santa Amelia + 50% Agrolan® + 50% Perlita expandida, T6: cv. Santa Amelia + 100% Perlita expandida.

En la Figura 3 se aprecia con mayor claridad la arquitectura de ambos cultivares, siendo 'Yellow Doll' la que producto de su crecimiento abarca una mayor superficie respecto a 'Santa Amelia', encontrándose ambos cultivares en el mismo estado de desarrollo. En cuanto a las raíces, si bien no es parte de los parámetros en estudio, estas se presentaron densas y de longitud variable dependiendo de la planta, no observando diferencias visuales entre los tratamientos. Al respecto Seniz (1994) indica que el éxito en el establecimiento y producción de muchos cultivos, dependen en gran medida de una buena formación de raíces. En cuanto al cepellón formado por raíces y sustratos este prácticamente desapareció en los tratamientos T3 y T6, constituido en un 100% por perlita expandida, situación contraria a la ocurrida con los tratamientos T1 y T4, en los cuales el cepellón, si bien redujo su tamaño, se mantuvo adherido a las raíces. Situación similar a la experimentada por Tapia y Caro (2009) y Armijo (2010) en plantines de lechuga y espinaca, respectivamente. Estos resultados se explican por las características físicas que posee la lana de roca, la cual permite que las raíces penetren los gránulos, constituyendo el sustrato parte de la masa radical de los plantines.

Con respecto al comportamiento de los plantines en el sistema NFT-modificado, todos los tratamientos, independiente del cultivar y del sustrato utilizado se adaptaron y desarrollaron de manera adecuada en el sistema hidropónico, desarrollando hojas de gran tamaño y una masa radical densa. En relación a las variables analizadas, estas se comportaron de manera homogénea, no presentando diferencias significativas en la mayoría de ellas debido a la interacción de los factores o al efecto de cada uno de manera independiente.

Materia fresca y Materia seca de plantas 20 días post trasplante

Al evaluar las variables materia fresca y materia seca de la parte aérea de las plantas de sandía 20 días post trasplante para cada uno de los tratamientos, los valores no presentaron interacción por lo que cada factor se analizó por separado (Cuadro 6).

Cuadro 6. Materia fresca y seca de plantas de sandía 20 días post trasplante en función de los cultivares y sustratos.

Factores	Niveles	Materia fresca	Materia seca ns ^z
		(g)	(g)
Cultivar	Yellow Doll	26,0 A ^y	4,5
	Santa Amelia	33,5 B	4,9
Sustrato ns ^z	100 % Agrolan ®	27,4	4,5
	50% Agrolan ®-50% Perlita	31,3	4,9
	100% Perlita expandida	30,5	4,8

^y Valores que presentan letras iguales en el sentido vertical dentro de cada factor no difieren significativamente (Tukey $p > 5\%$). ns^z Valores no presentaron diferencias significativas

Los resultados obtenidos 20 días después de establecer los plantines en un sistema NFT-modificado presentaron las mismas diferencias estadísticas significativas que las observadas al momento del trasplante, es decir se mantuvieron las diferencias entre los cultivares, siendo 'Santa Amelia' la que presentó una mayor **materia fresca** promedio con un incremento de 48 veces la masa alcanzada en el estado de 2^a – 3^a hoja verdadera. En el caso de los sustratos, no se presentaron diferencias significativas atribuibles a ellos, sin embargo, se observó un incremento en la materia fresca de los plantines de 4580 %.

Para la variable **materia seca** el valor promedio del cultivar Santa Amelia fue de 4,9 g mientras que para 'Yellow Doll' el promedio fue de 4,5 g, no presentando diferencias estadísticamente significativas. Similar comportamiento presentó la materia seca para el factor sustrato, si bien, no se encontraron diferencias significativas se observa una tendencia menor en el promedio de materia seca alcanzada por los plantines desarrollados sobre 100% lana de roca en comparación con los otros utilizados.

De esta manera, los resultados obtenidos al momento del trasplante y 20 días post trasplante no mostraron diferencias significativas atribuidas a los sustratos utilizados, a diferencia de lo observado por Tapia y Caro (2009), quienes al momento de trasplante registraron que los plantines desarrollados con un mayor contenido de lana de roca en la mezcla lograban obtener mayor materia seca y fresca que aquellos desarrollados sobre perlita, situación que se repitió en la evaluación post trasplante. Al respecto los autores señalan que el mayor grado de agregación de la lana de roca permite disminuir el estrés post trasplante en plantines de lechuga. Sin embargo, ese efecto no se aprecia en el presente estudio, indicando Baskan y Arin (1999) que los plantines de sandía pueden crecer en una amplia variedad de suelos y sustratos siempre que estos sean estériles, con uniformidad de partículas, bien drenados y un adecuado contenido de nutrientes. Escaff (1993) y Baskan y Arin (1999) indican que la utilización de plantines permite adelantar la etapa de producción, ahorro de semilla, establecer plantas uniformes y asegurar un buen establecimiento de estas.

Altura de plantas 20 días post trasplante

La evaluación de la variable altura de las plantas 20 días después del trasplante al sistema NFT-modificado no mostró interacción entre los factores y tampoco se encontraron diferencias significativas entre los niveles de cada uno de ellos, por lo que los resultados obtenidos no son atribuibles a la acción de los factores por separados (Cuadro 7). Resultados similares a los observados por Armijo (2010) y por Choi *et al.* (2001). Estos últimos realizaron estudios con zapallo en distintos sustratos (perlita, lana de roca entre otros) no encontrando diferencias significativas entre las plantas desarrolladas en perlita y lana de roca al estado de 4 hojas verdaderas en un sistema hidropónico abierto. Sin embargo, Tapia y Caro (2009), si encontraron tales diferencias, concluyendo que aquellos tratamientos que se desarrollaron sobre perlita expandida alcanzaron una menor altura, debido al menor grado de agregación dada por ese sustrato, provocando un establecimiento más lento, situación que no se observa en los plantines de sandía analizados.

Cuadro 7. Altura de plantas de sandía 20 días post trasplante en función de los tratamientos.

Factores	Niveles	Altura ns^z (cm)
Cultivar	Yellow Doll	21,6
	Santa Amelia	20,4
Sustrato	100 % Agrolan ®	20,6
	50% Agrolan ®-50% Perlita	21,6
	100% Perlita expandida	20,8

ns^z Valores no presentaron interacción entre los factores ni diferencias entre los niveles de cada factor ($p > 0,05$).

Al comparar los resultados del Cuadro 7 con los obtenidos en el estado de 2^a - 3^a hoja verdadera se observa que 20 días después la mayor altura alcanzada por T1 producto de la interacción de los factores no se mantuvo, siendo los tratamientos sobre perlita expandida los que presentaron el mayor aumento en la altura de las plantas. De acuerdo a los resultados de las mediciones en esta etapa, el incremento promedio en la altura de los plantines fue de un 150%.

Área foliar y número de hojas en plantas 20 días post trasplante

Al evaluar el área foliar 20 días después del trasplante de las plantas al sistema NFT-modificado no se observó interacción ni diferencias entre los niveles de los factores (Cuadro 8), manteniéndose el comportamiento observado en la evaluación realizada al momento del trasplante. Cabe destacar que al comparar el Cuadro 5 con el Cuadro 8 se observa que al momento del trasplante los plantines del cultivar 'Santa Amelia' presentaban un menor área foliar respecto de 'Yellow Doll', situación que se revierte 20 días después, no presentando en ninguna de las mediciones diferencias estadísticamente significativas.

El área foliar promedio alcanzada 20 días después del trasplante fue 26 veces superior a la registrada en el estado de 2^a-3^a hoja verdadera, lo cual fue posible gracias a la gran cantidad de hojas desarrolladas, así como también al tamaño de estas, resultados que permiten sugerir que los plantines no se vieron afectados por el trasplante al sistema hidropónico. Resultado esperado de acuerdo a lo señalado por Cometti *et al.* (2004) quienes indican que plantas cultivadas en hidroponía invierten una menor cantidad de carbohidratos en el crecimiento de las raíces y la obtención de nutrientes en comparación con las plantas establecidas en el suelo, lo que permite un uso más eficiente de los fotosintatos, lo que se traduce en un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas establecidas en sistemas hidropónicos.

Cuadro 8. Área foliar y número de hojas de plantines de sandía 20 días post trasplante en función de los tratamientos.

Factores	Niveles	Área foliar ns^z (cm²)	Nº Hojas ns^z
Cultivar	Yellow Doll	321,5	19,0
	Santa Amelia	392,9	21,4
Sustrato	100 % Agrolan ®	335,2	19,2
	50% Agrolan ®-50% Perlita	371,3	21,0
	100% Perlita expandida	365,0	20,4

ns^z Valores no presentaron interacción entre los factores ni diferencias entre los niveles de cada factor ($p > 0,05$).

En relación al número de hojas, el Cuadro 8 muestra que no se observó interacción ni diferencias significativas entre los niveles de los factores, resultados similares a los obtenidos por Armijo (2010) pero opuestos a los de Tapia y Caro (2009) quienes indican que al aumentar el porcentaje de perlita en la mezcla el número de hojas tiende a disminuir. Para los tratamientos analizados el número de hojas promedio fue de 20,2, lo que representa un aumento sobre 600% con respecto a las 2-3 hojas con las que se realizó el trasplante.

Pérdida de plantas

Durante los 20 días posteriores al momento de trasplante en el sistema hidropónico NFT-modificado no se registraron pérdidas de plantas en ninguno de los 6 tratamientos. Las plantas permanecieron turgentes y sin síntomas de clorosis, al igual que los resultados obtenidos por Tapia y Caro (2009) y Armijo (2010), quienes señalan que la presencia de un cepellón es importante para obtener un alto porcentaje de establecimiento, entregando mejores condiciones para los primeros días post trasplante, donde el período de adaptación es crítico.

El crecimiento registrado luego de 20 días de establecimiento en el sistema NFT-modificado permite inferir que las plantas respondieron de manera positiva al trasplante, esto gracias que los sistemas hidropónicos permiten obtener una máxima relación aire /agua en el sistema radicular de la planta, favoreciendo el desarrollo del cultivo, pudiendo llegar a conseguir mayor precocidad y mayor potencial productivo gracias a que se puede ejercer un mayor control sobre la solución nutritiva (Baixauli y Aguilar, 2002) y al suministros constante de agua y nutrientes en el caso del sistema NFT (Tapia y Caro, 2009).

Con respecto a los cultivares analizados, ambos se adaptaron y desarrollaron de manera efectiva en los sustratos en estudio. El cepellón formado por las raíces y los sustratos permitió reducir el estrés provocado por el nuevo medio de crecimiento, permitiendo el establecimiento exitoso de cada uno de los plantines trasplantados, lo cual se observa en el

desarrollo de la parte aérea y radical de la planta alcanzado 20 días después de su establecimiento en el sistema NFT-modificado.

Análisis Global

Los resultados mostrados en el presente estudio indican que los plantines de sandía del cultivar Yellow Doll y Santa Amelia se desarrollaron de manera adecuada independiente del sustrato utilizado. Si bien no existieron diferencias significativas en los parámetros de materia seca, altura e índice foliar, la materia fresca fue significativamente superior para el cultivar Santa Amelia, al momento del trasplante y 20 días después de este. Además al comparar ambas fechas de medición se observa una tendencia mayor en materia seca para 'Santa Amelia'.

Situación similar se observa con los sustratos analizados, los cuales no presentaron diferencias significativas para los parámetros materia seca, materia fresca e índice de área foliar, sin embargo, en todos ellos y en ambos momentos en que se realizaron las mediciones fue la mezcla de sustratos la que presentó una tendencia mayor por sobre los sustratos puros.

Una de las características que se busca lograr al realizar almácigos en sustratos inertes, es la formación de un cepellón compacto, el cual permita disminuir el estrés postrasplante y facilitar su manipulación. Para el caso de los cultivares analizados el grado de agregación del cepellón no afectó el establecimiento del cultivo, ya que tanto las plantas desarrolladas en perlita (cepellón disgregado), como aquellos desarrollados en lana de roca (cepellón compacto), y la mezcla de ambos sustratos lograron un crecimiento sin diferencias significativas. Sin embargo, aquellos plantines cuyos sustratos presentaron algún porcentaje de lana de roca fueron más fáciles de manipular que aquellos constituidos por un 100% de perlita, los cuales se disgregaban con facilidad al momento del trasplante.

Si bien son pocos los estudios desarrollados en Chile sobre el comportamiento de los distintos cultivares de sandía en cultivos sin suelo, los resultados obtenidos en este permiten demostrar que en las primeras etapas de desarrollo, el cultivo se desenvuelve de manera positiva, obteniendo un 100% de establecimiento en el sistema hidropónico.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se puede concluir lo siguiente:

- Sandías sembradas en cepellones constituidos en su totalidad por lana de roca requieren de mayor cantidad de días grado para su trasplante que sandías sembradas en cepellones de perlita.
- Independiente del cultivar utilizado, los plantines de sandía no se ven afectados significativamente por los sustratos lana de roca y perlita expandida al estado de 2^a-3^a hoja verdadera y 20 días después del momento de trasplante.
- El uso de sustratos como lana de roca y perlita expandida permiten el establecimiento en un 100% de plantines de sandía de los cultivares Yellow Doll y Santa Amelia en un sistema NFT- modificado.

BIBLIOGRAFÍA

Abad, M. 1993. Sustrato. En: F. Canóvas y J.R. Díaz (Ed). Cultivos sin suelos. Instituto de Estudios Almerienses, Almería, España. 47-65 p.

Aillapan, E. 1997. Evaluación de sustratos para la preparación industrial de plantines hortícolas. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 70 p.

Alvarado, P. y R. Rojas. 1996. Producción comercial de plantines libres de estrés. *Agroeconómico* 34:6-13.

Armijo, A. 2010. Producción de plantines de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en sustratos inertes para uso en hidroponía. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 32 p.

Baskan, N. and L. Arin, 1999. The effect of different composts and bag volumes on the development of watermelon seedling. *Acta Horticulturae* 492:253-258.

Baixauli, C. y J.M. Aguilar. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas, aspectos prácticos y experiencias. Generalitat Valenciana. Valencia, España. 110 p.

Carrasco, G., A.C. Martínez, O. Márquez, D. Osorio, M. Urrestarazu and M.C. Salas. 2003. Vegetable seedlings grown in a float system. *Acta Horticulturae* 614: 241-245.

Cometti, N., G. Matías, E. Zonta, W. Mary y M. Fernandez. 2004. Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. *Horticultura Brasileira* 22(4) 748-753.

Choi, E.Y., Y.B. Lee and J.Y. Kim. 2001. Nutrient uptake, growth and yield of cucumber cultivated with different growing substrates under a closed and an open system. *Acta Horticulturae* 548:543-549.

Demir, I. and K. Mavi. 2004. The effect of priming on seedling emergence of differentially matured watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai) seeds. *Scientia Horticulturae*, 102 (4): 467-473.

Escaff, M. 1993. Producción de plántulas de hortalizas. *Agroeconómico* 16: 10-16

Escalona, V., P. Alvarado, H. Monardes, C. Urbina y A. Martin. 2009. Manual de cultivo del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumi melo* L.). Disponible en: http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/manual_cultivo_sandia_melon.pdf. Leído el 21 de Octubre de 2012.

Faiguenbaum, H. 1986. El cultivo de la arveja en la zona central de Chile, p. 151-192. In: IV Seminario Nacional de Leguminosas de Grano. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago, Chile. 316 p.

FIA. 2008. Resultados y lecciones en reemplazo del bromuro de metilo para su uso en producción de tomate en invernadero. Disponible en: <http://bibliotecadigital.innovacionagraria.cl/gsd/collect/publicac/index/assoc/HASHcfeb2.dir/5bromurodemetilo.pdf> Leído el 21 de octubre de 2012.

Giaconi, V. y M. Escaff. 2004. Cultivo de hortalizas, 15^a Ed. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 337p.

Gil, G. 1997. Fruticultura: El Potencial Productivo. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 147 p.

González, M. 2003. Nuevas fichas hortícolas área centro-sur. Boletín INIA N° 109. Chillán, Chile. 50-52 p.

Grillas, S., M. Lucas, E. Bardopoulou, S. Sarafopoulos and M. Voulgari. 2001. Perlite based soilless culture systems: Current commercial applications and prospects. *Acta Horticulturae* 548:105-113.

Huber, J.J., Y. Zheng and M.A. Dixon. 2005. Hydroponic cucumber production using urethane foam as a growth substrate. *Acta Horticulturae* 697:139-145.

INE, Chile. 2007. VII Censo nacional agropecuario y forestal, 2007. Disponible en: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censo_agropecuario_07_comunas.php. Leído el 30 de agosto 2011.

International Seed Testing Association (ISTA).1976. Reglas internacionales para ensayos de semillas. 118 p. Ministerio de Agricultura, Dirección general de la producción agraria. Madrid, España. 184 p.

Lewis, J. 2006. High tunnel melón and watermelon production. University of Missouri Extensión, Columbia. 16 p.

López-Gálvez, J. y J.M. Naredo. 1996. Sistema de producción e incidencia ambiental del cultivo en suelos enarenados y en sustratos. Fundación Argentaria. Madrid, España. 294 pp.

Martyn, R.D. and T.K. Hartz. 1986. Use of soil solarization to control Fusarium wilt of watermelon. *Plant Disease*. 70 (8):762-766.

Montgomery, D. 2005. Diseño y Análisis de Experimentos. 2° Ed. Limusa Wiley. México D.F., México. 686 p.

- Newman, J., B. Blair, R. Dale, L. Smith., W. Stirm and L. Schaal. 1968. Growing degree days. *Crops and Soils* 20: 9-12.
- Nicola, S., J. Hoeberechts and E. Fontana. 2004. Rocket (*Eruca sativa* Mill.) and Corn salad (*Valerianella olitoria* L.): Production and shelf-life of two leafy vegetables grown in a soilless culture system. *Acta Horticulturae* 633: 509-516.
- Paroussi, G., F. Bletsos, G.A. Bardas, J.A. Kouvelos and A. Klonari. 2007. Control of *Fusarium* and *Verticillium* wilt of watermelon by grafting and its effect on fruit yield and quality. *Acta Horticulturae* 729: 281-285.
- Pastor, J. 1999. Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana* 17(3): 231-235.
- Protekta. 2011. Catálogo de bandejas plásticas termoformadas. Disponible en: <http://www.protekta.cl/bandejas.htm>. Leído el 25 de agosto de 2011.
- Russo, V.M. 2005. Organic vegetable transplant producción. *Hortscience* 40(3):623-628. Disponible en: <http://www.lane-ag.org/pubs/organic/HortScience%2040%20623.pdf>. Leído el 15 de Octubre de 2011.
- Seminis Vegetable Seeds Inc, 2011. Productos para mercado fresco. Disponible en: <http://www.seminis.cl/products/sandia.asp>. Leído el 28 de agosto de 2011.
- Seniz, V. 1994. Seedling production in solanaceae crops. *Acta Horticulturae* 366:243-250.
- Tapia, M.L. and J.M. Caro. 2009. Production of lettuce seedlings (*Lactuca sativa*) in granular rockwool and expanded perlite for use in hydroponics. *Cien. Inv. Agr.* 36 (3):401-410.
- Urrestarazu, M., A. Gómez, D.L. Valera, M.C. Salas y P. Mazuela. 2004. La calefacción de la disolución nutritiva en cultivos hortícolas. *Revista Vida rural* 185 (marzo):48-56.
- Van der Gaag, D.J. and G. Wever. 2005. Conduciveness of different soilless growing media to *Pythium* root and crown rot of cucumber under near-commercial conditions. *European Journal of Plant Pathology* 112: 31-41.
- Watanabe, S., Y. Sakamoto and K. Okano. 2001. Soilless culture of watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai], and salinity effects on fruit development and soluble solids content. *Acta Hort.* (ISHS) 559:575-580. Disponible en: http://www.actahort.org/books/559/559_84.htm. Leído el 10 de Septiembre de 2008.
- Webner, T. and D. Maynard. 2003. Cucumbers, melons and other cucurbits: 474-479. *In: Katz, S. and Woys, W. Encyclopedia of food and culture. Vol 1. Ed. Michigan University. 691 p.*

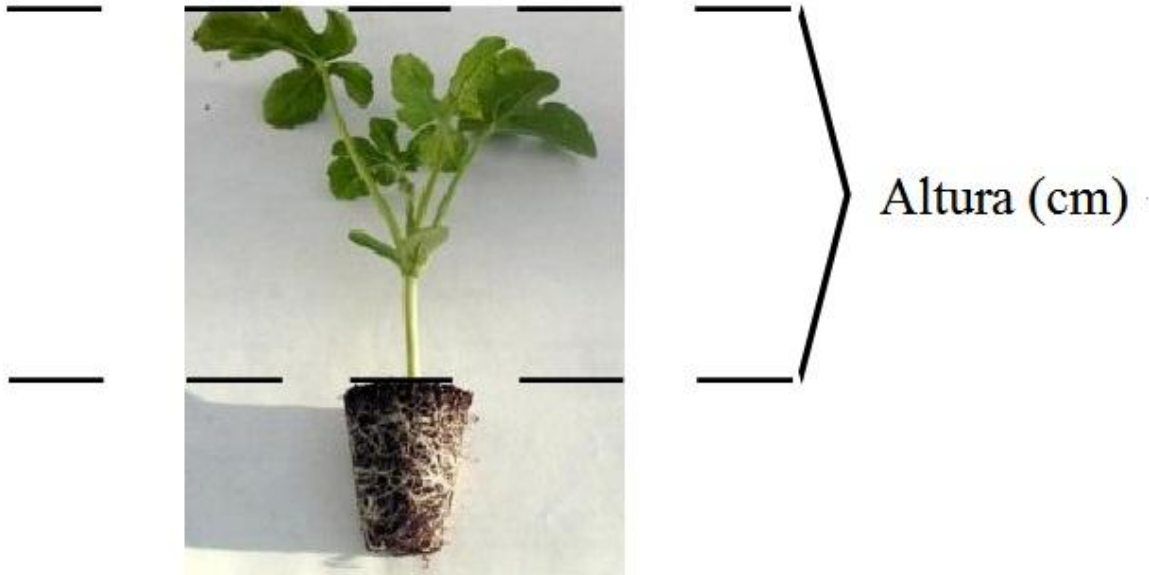
ANEXOS

Anexo I. Formulación química de solución nutritiva para sandía

Macro y Micronutrientes	Concentración (ppm)
N	212,00
P	50,00
K	370,00
Ca	190,00
Mg	65,00
Fe	0,80
B	0,50
Cu	0,05
Mo	0,05
Zn	0,33
Mn	0,55
S	120,00
Conductividad eléctrica:	2,5 – 3,0 mS/cm
pH:	5,6 – 5,8

APÉNDICES

Apéndice I. Medición de la altura de la planta.



Apéndice II. Temperaturas máximas y mínimas registradas al interior de invernadero y cálculo de la temperatura media.

Temperatura invernadero			
Fecha	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Media (°C)
28-oct-08	9,0	28,0	18,5
29-oct-08	9,0	28,0	18,5
30-oct-08	10,0	28,0	19,0
31-oct-08	11,0	30,0	20,5
01-nov-08	9,0	28,0	18,5
02-nov-08	11,0	32,0	21,5
03-nov-08	11,0	31,0	21,0
04-nov-08	11,0	32,0	21,5
05-nov-08	11,0	30,0	20,5
06-nov-08	11,0	31,0	21,0
07-nov-08	13,0	33,0	23,0
08-nov-08	12,0	35,0	23,5
09-nov-08	11,0	38,0	24,5
10-nov-08	13,0	30,0	21,5
11-nov-08	17,0	35,0	26,0
12-nov-08	14,0	35,0	24,5
13-nov-08	10,0	36,0	23,0
14-nov-08	11,0	28,0	19,5
15-nov-08	13,0	36,0	24,5
16-nov-08	10,0	38,0	24,0
17-nov-08	10,0	39,0	24,5
18-nov-08	10,0	41,0	25,5
19-nov-08	11,0	34,0	22,5
20-nov-08	10,0	34,0	22,0
21-nov-08	9,0	34,0	21,5
22-nov-08	10,0	35,0	22,5
23-nov-08	9,0	35,0	22,0
24-nov-08	10,0	37,0	23,5
25-nov-08	11,0	36,0	23,5
26-nov-08	10,0	33,0	21,5

(continúa)

Apéndice II. (continuación)

Temperatura invernadero			
Fecha	T° Mínima (°C)	T° Máxima (°C)	T° Media (°C)
27-nov-08	12,0	34,0	23,0
28-nov-08	10,0	38,0	24,0
29-nov-08	10,0	37,0	23,5
30-nov-08	11,0	37,0	24,0
01-dic-08	11,0	41,0	26,0
02-dic-08	10,0	35,0	22,5
03-dic-08	10,0	31,0	20,5
04-dic-08	10,0	31,0	20,5
05-dic-08	11,0	38,0	24,5
06-dic-08	11,0	35,0	23,0
07-dic-08	10,0	36,0	23,0
08-dic-08	10,0	38,0	24,0
09-dic-08	9,0	41,0	25,0
10-dic-08	9,0	40,0	24,5