



PRODUCCIÓN DE REMOLACHA EN SOLUCIÓN NUTRITIVA RECIRCULANTE, CON UTILIZACIÓN DE FORMULACIONES NUTRITIVAS EN SOLUCIÓN, Y VOLÚMENES DE CONTENEDORES

BEET PRODUCTION IN RECIRCULATING NUTRIENT SOLUTION USING NUTRIENT SOLUTION FORMULATIONS AND CONTAINER VOLUMES

Liz María Paola Ramírez Villalba¹, Oscar Luis Caballero Casuriaga^{1*}  y Florencio David Valdez Ocampo¹

¹ Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción, Paraguay.

*Autor por correspondencia: cabariaga1305@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el desarrollo de raíces tuberosas de la remolacha (*Beta vulgaris* L.) en cultivo con solución nutritiva recirculante, con la utilización de diferentes formulaciones nutritivas y volúmenes de contenedores. El experimento se realizó en el área de Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Concepción. El diseño experimental fue de bloques completos al azar (DBCA), con 10 tratamientos, y 3 repeticiones; en un arreglo de parcelas subdivididas. La parcela principal estuvo dada por soluciones nutritivas (SN1: 15-05-10 NPK, y SN2: 21-21-21 NPK) y las sub parcelas estuvieron compuestas por 5 volúmenes de contenedores (2 L, 3 L, 4 L, 5 L y 6 L). Fueron determinados: masa fresca parte aérea (g), masa fresca de raíces tuberosas (g), diámetro ecuatorial y polar de raíces tuberosas (cm) y sólidos solubles (°Brix). Los valores, obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y las medias comparadas entre sí por el Test de Tukey al 5% y, en donde fueron encontradas diferencias significativas, se realizó el análisis de regresión. No fueron observados efectos de las soluciones nutritivas empleadas, para ninguna de las determinaciones realizadas. Para masa fresca parte aérea, masa fresca de raíces tuberosas y diámetro ecuatorial, fue observado efecto de los volúmenes de contenedores. Se concluye que, los volúmenes de contenedores de 5 y 6 litros respectivamente, permitieron lograr los mejores resultados, agronómicos y estadísticos.

Palabras clave: *Beta vulgaris* L., solución nutritiva recirculante, volúmenes de contenedores.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the development of tuberous roots of beet (*Beta vulgaris* L.) grown in a recirculating nutrient solution system, using different nutrient solution formulations and container volumes. The experiment was conducted in the Horticulture area of the Faculty of Agricultural Sciences – National University of Concepción. The experimental design followed a randomized complete block design (RCBD) with 10 treatments and 3 replications, arranged in a split-plot design. The main plot consisted of nutrient solutions (NS1: 15-05-10 NPK and NS2: 21-21-21 NPK), while the subplots were composed of five container volumes (2 L, 3 L, 4 L, 5 L, and 6 L). The evaluated parameters included: fresh shoot biomass (g), fresh tuberous root biomass (g), equatorial and polar root diameters (cm), and soluble solids content (°Brix). The obtained values were subjected to analysis of variance (ANOVA), and mean comparisons were performed using Tukey's test at a 5% significance level. When significant differences were detected, regression analysis was applied. No effects of the nutrient solutions were observed for any of the evaluated parameters. However, container volume had a significant effect on fresh shoot biomass, fresh tuberous root biomass, and equatorial diameter. It was concluded that container volumes of 5 and 6 liters yielded the best agronomic and statistical results.

Keywords: *Beta vulgaris* L., recirculating nutrient solution, container volumes.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de este rubro, especialmente fuera de estación, puede representar una buena posibilidad de aumentar sus ingresos para los pequeños productores hortícolas, de forma a disminuir su dependencia a rubros de renta tradicionales. El cultivo a campo no es excesivamente difícil, no obstante, se tropieza con el problema de la estacionalidad y la producción de raíces tuberosas de escaso desarrollo y calidad, causado por una inadecuada preparación del terreno y un manejo deficiente (Rendón et al., 2012).

En nuestra región son consumidas principalmente las raíces, las cuales son profundas, grandes y carnosas. Pertenecen a la familia de las Chenopodiaceas, que comprende unas 1.400 especies de plantas, casi todas herbáceas. Dentro de esta familia se incluyen también otras verduras tan populares y nutritivas como las espinacas y la acelga (Jaramillo, 2005).

El cultivo en soluciones nutritivas recirculantes es un método desarrollado que se basa en sistemas balanceados de control en donde las plantas reciben una nutrición adecuada para su crecimiento y desarrollo, basándose en que las plantas mantienen sus raíces continuas o intermitentemente inmersas en una solución acuosa que contiene los elementos minerales esenciales para su crecimiento (Rendón et al., 2012).

La técnica NFT consiste en recircular permanentemente una lámina de solución nutritiva que moja las raíces de las plantas colocadas en un contenedor, aportándoles nutrientes y oxígeno durante su crecimiento. La solución es oxigenada a su regreso al tanque de nutrientes mediante el uso de una bomba de agua, sumergida en el mismo tanque colector que es reciclada al sistema nuevamente, permitiendo eficiencia al utilizar esta técnica (Rendón et al., 2012).

El aporte nutricional y la asimilación de nutrientes por las plantas, puede ser fácilmente controlado en un sistema de cultivo con solución nutritiva recirculante, especialmente porque las soluciones nutritivas son preparadas teniendo en cuenta la nutrición ideal, consiste en otorgarle a cada especie vegetal sus necesidades específicas, según el estado de desarrollo y buscando siempre un balance nutritivo (Rendón et al., 2012).

Este trabajo propone, evaluar el desarrollo de raíces tuberosas de la remolacha en cultivo con solución nutritiva recirculante, con la utilización de diferentes formulaciones

nutritivas y volúmenes de contenedores; para lo cual se fijaron los siguientes objetivos específicos: Evaluar Masa fresca de parte aérea y raíces tuberosas, Evaluar diámetro ecuatorial y polar de raíces tuberosas, Medir sólidos solubles de raíces tuberosas. La hipótesis de investigación señala: la combinación de SN 1 + contenedor de 6 L (T5); permitirá un mejor desarrollo de plantas y raíces tuberosas de la remolacha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación es de tipo cuali cuantitativo. El experimento fue llevado a cabo en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Concepción, localizado a 1,5 km de la ciudad de Concepción sobre la Ruta V. General Bernardino Caballero, circunscrita en las 23° 40' 13" Sur 57° 41' 85" Oeste, elevado 160 msnm.

Las condiciones generales del clima del distrito de Concepción según la DINAC (2020), son las siguientes: la temperatura media anual de 25° C, la humedad relativa del aire presenta una media anual de 80 % y la precipitación media anual está en torno a los 1300 mm. En verano, la temperatura máxima es de 40 °C, la mínima llega a los 2 °C, la media es de 24 °C. Las precipitaciones alcanzan los 1324 mm, los meses más lluviosos son de junio a agosto y los más secos son de noviembre a enero. Los vientos predominantes son del norte, este y sureste. Las lluvias son abundantes en el verano alcanzando unos 1500 mm y los inviernos son en general secos.

En la caracterización del sustrato se suelen distinguir las propiedades físicas, químicas y biológicas. La importancia de estas propiedades radica en que de ellas dependerá el manejo adecuado de la fertilización y el riego y, por lo tanto, el éxito del cultivo. En general se considera que un buen sustrato es aquel que contiene un 30 a 50 % de materia sólida y el resto son poros que en forma equitativa retiene la humedad, aportando el oxígeno necesario para el desarrollo de las raíces (Cabrera, 2000). Su característica fundamental se encuentra en su constitución; no deteriora el sustrato si es bien utilizada, si es mal manejada, presenta concentración de sales y una mala distribución del agua (Bures, 2002).

El diseño utilizado en el experimento fue de Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), en parcelas sub divididas correspondiendo a la parcela principal las soluciones nutritivas y a las sub parcelas, los volúmenes de contenedores,

con 10 tratamientos y 3 repeticiones, totalizando 30 unidades experimentales (UE). Cada UE estuvo constituida por 10 contenedores con 1 planta de remolacha en cada uno. Los tratamientos utilizados en el experimento se describen a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos utilizados en el experimento. Concepción - Paraguay, 2020.

Trat.	Parcela principal (Solución Nutritiva)	Sub parcelas (Volumen de contenedor)
T1	1 (12-05-40 NPK)	2 L
T2	1 (12-05-40 NPK)	3 L
T3	1 (12-05-40 NPK)	4 L
T4	1 (12-05-40 NPK)	5 L
T5	1 (12-05-40 NPK)	6 L
T6	2 (21-21-21 NPK)	2 L
T7	2 (21-21-21 NPK)	3 L
T8	2 (21-21-21 NPK)	4 L
T9	2 (21-21-21 NPK)	5 L
T10	2 (21-21-21 NPK)	6 L

*Las dosis de dilución de las soluciones nutritivas fueron aplicadas de acuerdo a sugerencias del fabricante. SN1: Forth – jardín 450 g para 150 L; SN2: Nanofert SA 2,25 g para 150 L.

El experimento fue llevado a cabo en la parcela experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Concepción. Con antelación se realizó la instalación de los contenedores para la producción de remolacha en solución nutritiva recirculante, utilizadas e impulsadas por dos motobombas periféricas de 0.5 HP, las mismas fueron instaladas sobre una estructura de mampostería de 15 cuadros de 1 m de largo y 0,98 m de ancho cada uno, con dos aberturas transversales de 5 cm de ancho en los puntos de unión de los cuadros, obteniendo una pendiente aproximada del 1%.

Se utilizaron contenedores de 2, 3, 4, 5 y 6 litros, cuyas dimensiones son: 20 x 10; 20 x 12; 22 x 13,5; 22 x 15 y 25 x 15,5 respectivamente en el que cada uno contó con perforaciones para permitir la absorción de las soluciones nutritivas por parte de las plantas. Las parcelas principales estuvieron constituidas por 150 contenedores; y las sub parcelas por 30 contenedores, en el que cada uno de ellos albergó a 1 planta de remolacha.

Se procedió a la desinfección previa de los sustratos a ser empleados, utilizando agua caliente (desinfección térmica), con el fin de eliminar posibles presencias de plagas y

patógenos, posterior a la desinfección se procedió a la mezcla homogénea de cada uno de los componentes compuestos por arena lavada y arena gorda con una proporción de 1:1, después del llenado de los contenedores con cada uno de los sustratos mencionados, se procedió a la siembra de la remolacha variedad (Early wonder), colocando 2 semillas por cada contenedor en el que posterior a su emergencia se realizó los raleos pertinentes dejando de esa forma una planta por cada contenedor para que las plantas estén mejor fijadas al sustrato y por ende, para un mayor desarrollo de los mismos, dichos contenedores albergaron a las plantas de remolacha hasta el día de su cosecha.

Una vez montado el sistema y con las soluciones nutritivas en circulación (SN1: 12-05-40 NPK + macro y micronutrientes. SN2: 21-21-21 NPK + macro y micronutrientes), los mismos permanecieron en funcionamiento durante todo el ciclo del cultivo, el pH 6 a 7 y la conductividad eléctrica 1.3 a 1.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de las soluciones nutritivas fueron verificados diariamente mediante pHmetro de inmersión y electro conductivímetro, de modo a mantenerlos en niveles recomendados.

Las plantas fueron monitoreadas en forma permanente y de acuerdo a las necesidades del cultivo fueron realizados los cuidados culturales requeridos. La aplicación de fitosanitarios (fungicida e insecticida), Oxidloruro de cobre (3 g/L de agua) y Cipermetrina (1 ml/L de agua) se aplicó quincenalmente en forma preventiva, siendo que la remolacha es una de las hortalizas más rústicas que existen es por eso que tiene resistencia a la diferentes plagas y enfermedades que se le pudieran presentar.

Las determinaciones fueron evaluadas a los 80 días a partir de la siembra, en el laboratorio de Entomología de la FCA – UNC, a los 45 después en el que fueron extraídas las plantas al azar de todas las unidades experimentales utilizando bolsas de polietileno y marcador negro, para diferenciar los tratamientos. Para la colecta de datos fue necesaria: balanza electrónica, calibrador vernier, refractómetro y bolígrafo, por lo que los datos fueron registrados en planilla impresa y luego transferidos a planilla electrónica para su procesamiento y análisis.

Masa fresca parte aérea (g/planta): Se procedió al pesaje de 5 plantas elegida al azar por cada tratamiento utilizando balanza de precisión, los resultados son expresados en gramos.

Masa fresca de raíces tuberosas (g/raíz tuberosa): siguiendo con el pesaje de la misma

planta elegidas al azar por cada tratamiento, utilizando balanza de precisión para la obtención de los datos, los resultados son expresados en gramos/raíz tuberosa.

Diámetro ecuatorial y polar de frutos (mm/raíz tuberosa): Los mismos frutos muestreados se utilizaron para esta determinación, en la cual se realizó utilizando un calibrador Vernier; en la parte ecuatorial y polar de los frutos (Smith y Kliewer 2004). Sólidos solubles (°Brix): fueron utilizados los mismos frutos en el que se tomaron una pequeña muestra de cada uno para la obtención del (°Brix), utilizando el refractómetro para la realización de las lecturas (Fernández, 2003).

Los datos evaluados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANAVA) mediante el Test de Tukey al 5% de probabilidad para todas las determinaciones, en donde fueron encontradas diferencias significativas, fue realizado análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Masa fresca parte aérea

En la tabla 2, se puede visualizar la comparación de medias para masa fresca de la parte aérea, en la producción de remolacha en soluciones nutritivas recirculantes.

Tabla 2. Comparación de medias de masa fresca (MF) parte aérea (g/planta) de remolacha en solución nutritiva recirculante. Concepción, 2020.

Tratamientos	Descripción	MF parte aérea (g)
Solución Nutritiva	SN1	62,07 a
	SN2	52,82 a
Volumen de contenedores	6 L	66,54 ab
	5 L	75,44 a
	4 L	52,24 bc
	3 L	54,41 bc
	2 L	38,61 c
Media General: 57,45		
CV % (Parcela): 15,86		
CV % (Sub Parcela): 20,50		
DMS (Parcela): 14,31		
DMS (Sub Parcela): 20,83		

Letras iguales no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa

En la misma no se observan diferencias estadísticamente significativas para parcelas, aunque sí son detectadas diferencias a este nivel, para sub parcelas.

Con respecto a las soluciones nutritivas consideradas en este trabajo, la SN 1 (12-05-40 NPK), logra diferencias agronómicas levemente superiores en relación a la SN 2 (21-21-21 NPK). Estas diferencias son del orden de 9,25 g, siendo la DMS para parcelas, de 14,31 g.

Difiriendo con este trabajo de investigación, Quipo (2016), en su investigación sobre el efecto de soluciones nutritivas en variedades de espinaca, cultivadas en sistema hidropónico, halló diferencias significativas entre tratamientos, para la determinación peso fresco de la planta.

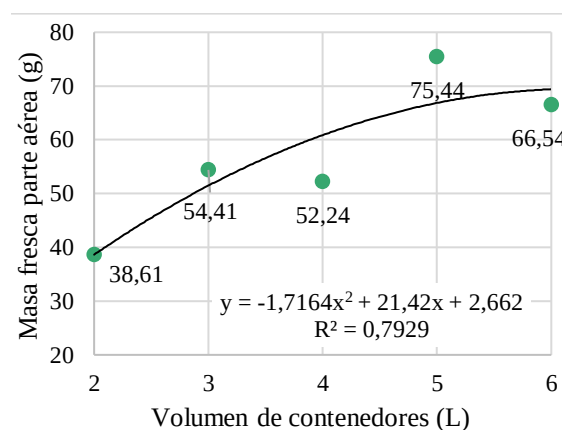


Figura 2. Curva de respuesta ajustada de volúmenes de contenedores, para masa fresca parte aérea. Concepción, 2020.

En la figura 2, se puede observar la curva de respuesta de volúmenes de contenedores utilizados en el experimento para la determinación de masa fresca parte aérea, en la producción de remolacha en soluciones nutritivas recirculantes.

El análisis de regresión realizado determina la ecuación $y = -1,7164x^2 + 21,42x + 2,662$, con un coeficiente $R^2 = 0,7929$.

Se puede notar una tendencia al incremento en la masa fresca parte aérea de remolacha cultivada en soluciones nutritivas recirculantes; a medida, que aumenta la capacidad de los contenedores hasta los de 5 L de capacidad, para posteriormente decrecer con el volumen de contenedores de 6 L; percibiéndose además una leve deflexión en la curva, específicamente relacionada al volumen de contenedores de 4 L. Santiago et al., (2014), (cambiar referencia) señalan efectos similares al presente trabajo de investigación, obteniendo los mejores resultados con contenedores de 5 L de capacidad, y decreciendo los valores de biomasa parte aérea, con contenedores de menor volumen, en plántulas de *Hevea brasiliensis*.

En cuanto a los volúmenes de contenedores evaluados en la investigación, los de 5 L,

posibilitaron la obtención de mejores resultados (75,44 g), sin diferir estadísticamente con respecto a los contenedores de 6 L de capacidad (66,54 g), siendo ambos superiores a nivel estadístico en relación a los contenedores de 2 L., que para esta determinación obtuvo los resultados más bajos (38,61 g). Por su parte los contenedores con volúmenes de 6 L, 3 L (54,41 g) y 4 L (52,24 g), respectivamente, no difieren entre sí a nivel estadístico. Además, los contenedores de 3, 4 y 2 L, respectivamente; demuestran igualdad estadística entre sí.

Masa fresca raíces tuberosas

En la tabla 3, visualizamos la comparación de medias para masa fresca de raíces tuberosas, en la producción de remolacha en soluciones nutritivas recirculantes. En la misma no se observan diferencias de significancia estadística para tratamientos principales, aunque sí se detectan a nivel de sub parcelas. Además, no son observados efectos de interacción entre parcelas y subparcelas.

Tabla 3. Comparación de medias de solución nutritiva para la determinación masa fresca (MF) de raíces tuberosas (g/raíz tuberosa) de remolacha en solución nutritiva recirculante. Concepción, 2020.

Tratamientos	Descripción	MF raíces tuberosas (g)
Solución Nutritiva	SN1	51,91 a
	SN2	74,94 a
Volumen de contenedores	6 L	84,24 a
	5 L	84,60 a
	4 L	61,81 b
	3 L	49,89 bc
	2 L	36,58 c
Media General: 63,42		
CV % (Parcela): 23,27		
CV % (Sub Parcela): 17,21		
DMS (Parcela): 23,17		
DMS (Sub Parcela): 19,30		
Letras iguales no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa		

En relación a las soluciones nutritivas, la SN2 (21-21-21 NPK), resulta prevalente, con una diferencia solamente numérica de 23,03 g, con respecto a la SN1 (12-05-40 NPK), en cuanto la DMS fue de 23,17 g.

A continuación, se observa la curva de respuesta de volúmenes de contenedores, para la determinación masa fresca raíces tuberosas, en

la producción de remolacha en soluciones nutritivas recirculantes.

En la figura 3, visualizamos un incremento en la masa fresca de raíces tuberosas de remolacha en cultivo en solución nutritiva recirculante; al aumentar los volúmenes de contenedores, hasta los de 5 L, y luego descender con los contenedores de 6 L; lo cual se explicaría considerando que a mayor volumen de contenedores, mayor capacidad de absorción de la solución nutritiva por parte del sustrato y mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas, lo que se reflejaba en raíces tuberosas de mayor peso, hasta cierto límite biológico en que las raíces tuberosas, ya han asimilado suficientes niveles de nutrientes para el desarrollo de la planta.

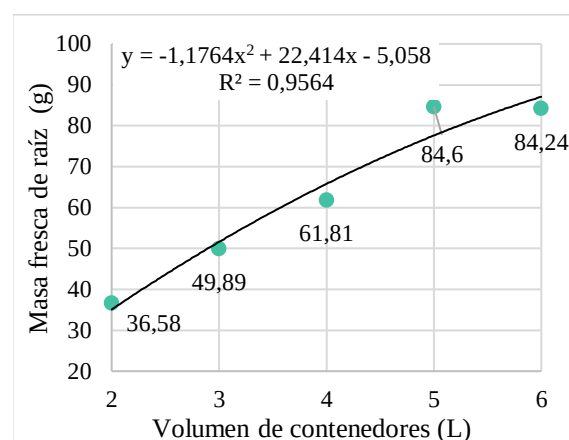


Figura 3. Curva de respuesta ajustada de volúmenes de contenedores, para Masa fresca raíces tuberosas de remolacha. Concepción, 2020.

El análisis de regresión realizado, señala la ecuación $y = -1,1764x^2 + 22,414x - 5,058$ y un coeficiente R^2 de 0,9564. Considerando los volúmenes de contenedores evaluados, los de 5 y 6 litros de capacidad logran los mejores resultados (84,60 y 84,24 g) respectivamente, resultando iguales estadísticamente entre sí, y superiores a los demás volúmenes de contenedores evaluados en la investigación.

Por su parte los contenedores con volúmenes de 4 L (61,81 g) y 3 L (49,89 g), respectivamente, no difieren entre sí a nivel estadístico. Además, los contenedores de 3 y 2 L, respectivamente; demuestran igualdad estadística entre sí. Para la determinación masa fresca de raíces tuberosas, los resultados más exigüos son alcanzados por los contenedores de 2 litros de capacidad, que resulta igual estadísticamente con respecto a los contenedores de 3 L.

De manera contradictoria a esta investigación, Zepeda y Menjivar (2016), evaluando variedades de papa, en diferentes volúmenes de sustrato, no hallaron diferencias de significancia estadística para la determinación masa fresca de tubérculos.

Diámetro ecuatorial

Según podemos visualizar en la tabla 4, para la determinación diámetro ecuatorial de raíces tuberosas de remolacha, cultivada en solución nutritiva recirculante; no son detectadas diferencias significativas para los tratamientos principales, aunque si se observan para los tratamientos secundarios (volumen de contenedores).

Tabla 4. Comparación de medias para la determinación Diámetro ecuatorial (mm/raíz tuberosa). Producción de remolacha en solución nutritiva recirculante. Concepción, 2020.

Tratamientos	Descripción	Diámetro ecuatorial (mm)
Solución Nutritiva	SN1	46,77 a
	SN2	54,78 a
Volumen de contenedores	6 L	57,88 a
	5 L	58,30 a
	4 L	52,30 a
	3 L	44,15 b
	2 L	41,24 b
Media General: 50,77		
CV % (Parcela): 20,24		
CV % (Sub Parcela): 8,72		
DMS (Parcela): 16,14		
DMS (Sub Parcela): 7,83		

Letras iguales no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa

En referencia a las soluciones nutritivas, SN2 (121-21-21 NPK), obtiene medias de 54,78 mm, levemente superiores a las alcanzadas con SN1 (12-05-40), que fueron de 46,77 mm, siendo la DMS para parcelas de 16,14 mm, y la MG del experimento de 50,77 m.

Coincidiendo con el presente trabajo de investigación, Jiménez (2005), evaluando soluciones nutritivas en tomate cultivado en hidroponía, obtuvo diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

Seguidamente se presenta la curva de respuesta de masa fresca de raíces tuberosas, en relación a volúmenes de contenedores empleados en la investigación, en el cultivo de remolacha azucarera, en soluciones nutritivas recirculantes (Figura 4). El análisis de regresión,

revela una ecuación de $y = -0,6293x^2 + 9,7773x + 22,992$ y coeficiente R^2 igual a 0,9438.

La figura 4, permite observar el comportamiento del diámetro ecuatorial de raíces tuberosas de remolacha cultivada en solución nutritiva recirculante, registrándose un incremento en los valores medios para esta determinación, en relación al aumento de la capacidad de los contenedores empleados, hasta contenedores de 5 L; y un descenso de estos valores, a partir de la inclusión de contenedores de mayor volumen; lo que resulta lógico de suponer dado que, contenedores de mayor capacidad, dependiendo del sustrato utilizado, pueden absorber mayores volúmenes de la solución nutritiva, lo cual se refleja en una mejor nutrición de las plantas, y un mayor acúmulo de sustancias nutritivas de reserva por parte de las raíces tuberosas, y probablemente un mayor crecimiento en diámetro de las mismas.

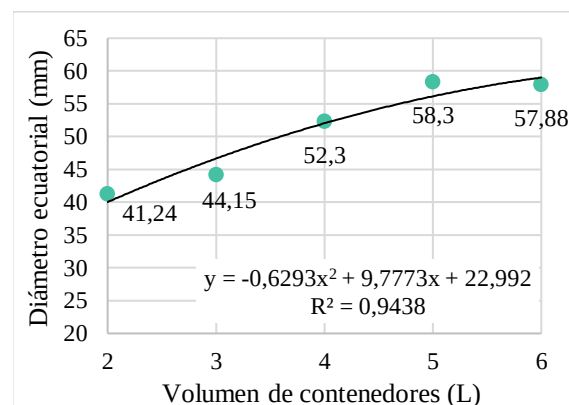


Figura 4. Curva de respuesta ajustada de volúmenes de contenedores, para diámetro ecuatorial de raíces tuberosas de remolacha Concepción, 2020.

En este caso, se puede inferir que los volúmenes de contenedores de 5 L, conteniendo un sustrato adecuado, puede absorber suficientemente los requerimientos nutricionales de la remolacha cultivada en soluciones nutritivas recirculantes, por lo que contenedores de mayor capacidad ya no redundan en el aumento en tamaño de las raíces tuberosas.

En relación a volumen de contenedores, los de 5, 6 y 4 litros respectivamente, obtienen para esta determinación, los resultados más auspiciosos y resultan estadísticamente superiores a los de 3 y 2 litros, los cuales no difieren entre sí a nivel estadístico y para la presente determinación demuestran los resultados más exigüos. La diferencia entre el tratamiento con medias más elevadas (5 L), y el

de menor resultado (2 L), es de 17,06 mm. La MG para esta determinación fue de 50,77 mm, y la DMS para subparcelas fue de 7,83 mm.

Difiriendo con la presente investigación, Zepeda y Menjivar (2016), trabajando con variedades de papa, en volúmenes de sustrato, no hallaron diferencias significativas a nivel estadístico para la determinación diámetro de tubérculos.

Diámetro polar

En la tabla 5, se puede ver la comparación de medias para la determinación diámetro polar, en remolacha producida con la técnica de soluciones nutritivas recirculantes. Según el test de Tukey (5%) realizado, no se detectan diferencias estadísticas para parcelas, y tampoco para sub parcelas. Tampoco se observa interacción entre las mismas.

Tabla 5. Comparación de medias para la determinación Diámetro polar (mm/raíz tuberosa). Producción de remolacha en solución nutritiva recirculante y volumen de contenedores. Concepción, 2020.

Tratamientos	Descripción	Diámetro polar (mm)
Solución Nutritiva	SN1	45,89 a
	SN2	51,59 a
Volumen de contenedores	6 L	48,97 a
	5 L	52,73 a
	4 L	47,62 a
	3 L	46,60 a
	2 L	47,77 a
Media General: 48,73		
CV % (Parcela): 22,87		
CV % (Sub Parcela): 13,69		
DMS (Parcela): 17,50		
DMS (Sub Parcela): 11,80		

Letras iguales no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa.

En cuanto a las soluciones nutritivas, la SN2, muestra un mejor comportamiento agronómico, (51,59 mm vs 45,89 mm), con respecto a la solución nutritiva 1. La DMS para parcelas, en la presente determinación fue de 17.50 mm.

Pérez (2017), evaluando sobre producción y calidad de tomate con diferentes soluciones nutritivas, al igual que el presente trabajo no halló diferencias estadísticamente significativas para diámetro polar de frutos, aunque si las obtuvo en relación al testigo (sólo agua), factor no considerado en la presente investigación.

Zepeda y Menjivar (2016), evaluando variedades de papa, en diferentes volúmenes de sustrato, no hallaron diferencias significativas a nivel estadístico para la determinación diámetro de tubérculos; coincidiendo con los resultados logrados en el presente trabajo.

Sólidos solubles

La comparación de medias realizada mediante el test de Tukey (5%) para sólidos solubles (° Brix) (Tabla 6), en la producción de remolacha en soluciones nutritivas recirculantes; no permite detectar diferencias estadísticamente significativas para las soluciones nutritivas y los volúmenes de sustratos evaluados en la presente investigación.

En cuanto a las soluciones nutritivas evaluadas, la SN2 (21-21-21 NPK), logra diferencias solamente numéricas, ligeramente superiores con respecto a la SN1 (12-05-40 NPK); siendo las diferencias porcentuales entre ambas soluciones, de alrededor del 8.67%.

Tabla 6. Comparación de medias para la determinación Sólidos solubles (°Brix). Producción de remolacha en solución nutritiva recirculante y volumen de contenedores. Concepción, 2020.

Tratamientos	Descripción	Sólidos solubles (°Brix)
Solución Nutritiva	SN1	21,93 a
	SN2	24,00 a
Volumen de contenedores	6 L	22,00 a
	5 L	22,33 a
	4 L	22,83 a
	3 L	22,83 a
	2 L	24,83 a
Media General: 22,97		
CV % (Parcela): 7,58		
CV % (Sub Parcela): 8,16		
DMS (Parcela): 2,73		
DMS (Sub Parcela): 3,31		

Letras iguales no difieren entre sí estadísticamente mediante el test de Tukey al 5%. CV: Coeficiente de variación. DMS: Diferencia mínima significativa

Pérez (2017), evaluando producción de tomate con diferentes soluciones nutritivas, hallaron diferencias de significancia estadística, para sólidos solubles, difiriendo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, en el cual no pudieron ser detectadas diferencias estadísticamente significativas.

Con respecto a volúmenes de contenedores, los de 2 L (24,83 °Brix), permiten lograr los mejores resultados agronómicos, en relación a

los demás volúmenes de contenedores considerados en la presente investigación, (3 L: 22,83 °Brix, 4 L: 22,83 °Brix, 5 L: 22,33 °Brix y 6 L: 22,00 °Brix). La media general para la presente determinación fue de 22,97 °Brix, y la DMS para subparcelas, estuvo en 3,31 °Brix.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados alcanzados en las condiciones propias del experimento, se llega a las siguientes conclusiones:

En ninguna de las determinaciones realizadas fueron observados efectos significativos de las soluciones nutritivas empleadas, ni efectos de interacción, entre soluciones nutritivas y volúmenes de contenedores.

En las determinaciones, diámetro polar de raíces tuberosas y sólidos solubles, no fueron verificados efectos significativos entre los volúmenes de contenedores.

En las determinaciones, masa fresca parte aérea, masa fresca de raíces tuberosas y diámetro ecuatorial de raíces tuberosas; fueron observados efectos estadísticamente significativos de los volúmenes de contenedores evaluados.

En las determinaciones masa fresca parte aérea y masa fresca de raíces tuberosas, los contenedores con volúmenes de 5 y 6 litros, respectivamente, propiciaron los mejores resultados.

En la determinación, diámetro ecuatorial de raíces tuberosas, los contenedores de 5 y 6 y 4 litros de capacidad respectivamente, demostraron un mejor comportamiento, con respecto a los demás volúmenes de contenedores evaluados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bures, S. (2002). *Sustratos* (p. 220). Ediciones Agrotécnicas S.L.
- Cabrera, R. I. (2000). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 5(1), 5–11. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchsh.1998.03.025>
- DINAC (Dirección Nacional de Aeronáutica Civil). (2020). <https://www.meteorologia.gov.py/pronostico/concepcion>
- Fernández, A. (2003). El efecto de los azúcares solubles sobre la ganancia de peso y su relación con el manejo de los verdeos de invierno. *Desafío*, 219(20), 34–37.

https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/90-ganaderia_ganancia_peso.pdf

- Jaramillo, V. J. L. A. M. (2005). *Hortalizas* (Manual de Asistencia Técnica N.º 28). Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Jiménez, A. J. (2005). *Producción de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) en dos sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada* (Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). Repositorio UAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1339/PRODUCCION%20DE%20TOMATE%200%28LYCOPERSICON%20ESCALANTUM%20Mill%29.%20EN%20DOS%20SUSTRATOS%20HIDROPONICOS%20A%20SOLUCION%20PERDIDA%20Y%20RECIRCULADA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez, N. J. (2017). *Evaluación de la producción y calidad de tomate tipo saladette (Solanum lycopersicum L.) con diferentes porcentajes de solución nutritiva universal de Steiner* (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). <http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/handle/123456789/42168>
- Quipo, M. R. (2016). *Efecto de tres dosis de soluciones nutritivas en la producción de dos variedades de espinaca (Spinacia oleracea L.) mediante el sistema hidropónico de raíz flotante en K'ayra – Cusco* (Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco). Repositorio UNSAAC. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNS_5d9085586900eaadc2a3f3658d209dfb/Details
- Santiago, T. O., Vargas, H. J. de J., Aldrete, A., López, U. J., & Fierros, G. A. M. (2015). Sustratos y tamaños de contenedor en el desarrollo de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg. en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(31), 94–113. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000500008
- Smith, R. J., & Kliever, W. M. (2004). Estimation of Thompson Seedless

grapevines leaf area. *American Journal of Enology and Viticulture*, 35, 16–22.
<https://www.ajevonline.org/content/35/1/16>

Zepeda, M., & Menjivar, W. (2016). *Evaluación de tres variedades de papa (Solanum tuberosum L.) multiplicadas in vitro en dos volúmenes de sustrato para la producción de mini tubérculos bajo invernadero* (Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador). Repositorio Universidad de El Salvador.
<https://agris.fao.org/search/en/provider/s/122525/records/6511b0fb58c30050e8a3ea82>