

## Nota Técnica

### Dosis de fertilizante triple 18 hidrosoluble en el crecimiento de lechuga cultivar “Great Lakes 118” en hidroponía artesanal

Geomar Villahermosa Trujillo, Vicente Michelena Alegría, Ramón Silva-Acuña

Postgrado en Agricultura Tropical, Universidad de Oriente (UDO), Núcleo Monagas. Venezuela. Correo electrónico: rsilva@udo.edu.ve

#### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar dosis de un fertilizante en el crecimiento del cultivar “Great Lakes 118” de lechuga, se establecieron ensayos en condiciones de hidroponía artesanal, en el área experimental del campus Juanico de la Universidad de Oriente, Venezuela. Se construyeron 16 mesas de cultivo de cama flotante de 50 x 100 x 10 cm, de 50 L de capacidad, fabricadas de madera, forradas interiormente con plástico negro de 10 micras. Se utilizó láminas de poliestireno de 2,54 cm de espesor, horadadas para el sostén de las plantas y goma espuma, para fijar las plántulas en la lámina. Los tratamientos consistieron de cuatro dosis de 18-18-18 (SOLUB®), por litro de agua:  $T_1=2$  g;  $T_2=3$  g;  $T_3=4$  g; y  $T_4=5$  g, con cuatro repeticiones. El diseño experimental fue completamente aleatorizado, cada mesa de cultivo o unidad experimental tenía 32 plantas de lechuga. Se realizaron cinco evaluaciones, a intervalos semanales y se cuantificó: altura, peso fresco y seco del follaje, peso fresco y seco de las raíces, volumen radical y pH. Los resultados fueron analizados estadísticamente y comparados por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad. El tratamiento de 2 g de triple 18 por litro de agua presentó los mejores rangos de valor agronómico para las variables estudiadas. El fertilizante triple 18 como única fuente de nutrimentos en cultivo hidropónico artesanal cubrió los requerimientos de la lechuga. En las dosis evaluadas, el pH se mantuvo estable y dentro del rango ideal de crecimiento del cultivo.

Palabras clave: cultivo sin suelo, *Lactuca sativa* L., Sostenibilidad.

### Dosage of triple 18 water soluble fertilizer on the growth of lettuce cultivar “Great Lakes 118” under artisanal hydroponics

#### ABSTRACT

In order to evaluate the dose of a fertilizer in the growth of lettuce “Great Lakes 118” cultivar, trials were established in conditions of artisanal hydroponics, in the experimental area of the Juanico Campus of the Universidad de Oriente, Venezuela. Sixteen 50 x 100 x 10 cm floating bed cultivation tables of 50 L capacity were built, which were made of wood, lined internally with 10 micron black plastic. Polystyrene sheets of 2.54 cm thickness, perforated and filled with foam rubber for the support of the plants, were used to fix the seedlings in the sheet. The treatments consisted of four doses of 18-18-18 (SOLUB®), per liter of water:  $T_1=2$  g;  $T_2=3$  g;  $T_3=4$  g; and  $T_4=5$  g, with four repetitions. The experimental design was completely randomized; each cultivation table or experimental unit had 32 lettuce plants. Five evaluations were made at weekly intervals and quantified: height, fresh and dry weight of the foliage, fresh and dry weight of the roots, root volume and pH. The results were statistically analyzed and compared by the Tukey test at 5% probability. The treatment of 2 g of triple 18 per liter of water presented the best ranges of agronomic value for the variables studied. The 18-18-18 fertilizer as the only source of nutrients in artisanal hydroponic culture covered the requirements of lettuce. At the doses evaluated, the pH remained stable and within the ideal range of growth of the culture.

Recibido: 13/06/17 Aprobado: 15/12/17

Keywords: *Lactuca sativa* L., soilless cultivation, Sustainability.

## INTRODUCCIÓN

El uso del término hidroponía se le debe a su creador el Profesor W. Gericke, fisiólogo vegetal de la Universidad de California; quien por el año 1935 inició los primeros experimentos de cultivos puramente en agua. Las plantas se nutren de un sustrato líquido que circula entre las raíces (Sánchez 2010). Con la hidroponía popular o “cultivo sin suelo”, reducido volumen de agua y esfuerzo físico se puede producir hortalizas frescas, sanas y abundantes en pequeños espacios de las viviendas; con el aprovechamiento, en muchas ocasiones, de elementos desechados, que de no ser utilizados causarían contaminación (Marulanda e Izquierdo 1997).

La producción hidropónica avanza con más énfasis en los países industrializados, en particular para las hortalizas. En países en vías de desarrollo del trópico húmedo, hay poca investigación e información en este campo; aunque, existen personas e instituciones interesadas en desenvolver esta técnica de producción (Ninancuro y Wiyasa 2007).

La lechuga es el cuarto vegetal más importante que se cultiva con la técnica de la hidroponía, en el mundo, después del tomate, pepino y chile (ají) dulce. Esta hortaliza tiene un nicho específico de mercado como un producto “gourmet”, de alta calidad, y muy popular en los restaurantes. Los cultivares más utilizados en hidroponía son Bibb y Rex; de estos, se reconoce que “Rex” posee resistencia a las temperaturas del clima tropical y se cosecha entre 26 a 30 días después del trasplante (Ninancuro y Wiyasa 2007). En hidroponía artesanal la lechuga crece directamente sobre la solución nutritiva y en ausencia de cualquier tipo de sustrato sólido. Las plántulas se sujetan en cubos de goma espuma, se colocan sobre bandejas de poliestireno expandido, agujeradas a la densidad adecuada, las cuales flotan sobre el agua y sirven de soporte al cultivo (Sádaba *et al.* 2008).

El sistema de cultivo de raíz (o cama) flotante resulta eficiente para la siembra de albahaca, cilantro, tomate, pimiento, espinaca, celery y varios tipos de lechuga. Con este sistema se obtienen excelentes resultados, ahorro de tiempo y altas producciones (Marulanda e Izquierdo 1997). Se emplea un medio líquido que contiene agua y sales nutritivas. El “cultivo de raíz flotante”, denominado así porque las raíces flotan en la solución de minerales, mientras las plantas están sostenidas sobre una lámina de poliestireno expandido; a su vez, esta se sostiene sobre la superficie del líquido (Marulanda e Izquierdo 1997)

La solución nutritiva, o medio líquido, está compuesta por los elementos esenciales que requiere la planta para crecer. Comúnmente las plantas absorben estos elementos de la solución del suelo por medio de las raíces; sin embargo, en la hidroponía no se utiliza el suelo, razón por la cual es necesario aplicar la solución nutritiva que contiene los elementos esenciales para el crecimiento (Pimpini 2001). En los cultivos realizados en el sistema de raíz flotante hay dos aspectos fundamentales a tener en cuenta: la composición de la solución nutritiva y la calidad del agua disponible en cuanto a su composición química (Avellaneda *et al.* 2004).

Las soluciones deben contener los macros y micronutrientes requeridos por la planta, excepto el C que proviene del aire; se considera la cantidad y el momento oportuno de aporte, según las necesidades del cultivo. La solución nutritiva debe controlarse periódicamente; ya que, a medida que el cultivo crece, las plantas realizan extracciones selectivas; además, se produce evapotranspiración, modificándose la conductividad eléctrica (CE) inicial y los valores de pH (Pimpini y Massimo 1997). La composición química del fertilizante 18-18-18 contiene: 18 % de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O; 1% de MgO y S; 0,02% de Cu y Zn; 0,05% de Fe y Mn; 0,01% de B, y 0,001% de Mo. La formulación del fertilizante es de forma sólida y cristalina, altamente soluble, y de uso general en la fertirrigación.

Méndez *et al.* (2007) establecieron un ensayo con tres cultivares de algodón y cuatro dosis de

riego (40; 60; 80 y 100% de la evaporación de un tanque tipo A sobre suelo con cubierta vegetal). La frecuencia de riego fue de dos días. La fertilización se realizó por fertirrigación con el uso de un Venturi y aplicación de 1 kg/20 litros de agua del fertilizante 18-18-18 con micronutrientes. Hubo respuesta diferencial de los cultivares, en función de la dosis de riego en algunos de los caracteres evaluados. Para los cultivares Cabuyare y Stroman, los incrementos en la dosis de riego produjeron plantas más altas y con mayor número de hojas; sin embargo, para Deltapine 16 esto se observó hasta la dosis de 80%. También se produjeron plantas más precoces a floración y con tallos más gruesos en los cultivares Cabuyare y Stroman; mientras que, Deltapine 16 siguió una tendencia similar a excepción de la dosis de 60% que presentó plantas más tardías y con tallos más delgados.

En función de lo antes expuesto, se evaluó el efecto de cuatro dosis del fertilizante 18-18-18 (SOLUB®) como única fuente de nutrientes sobre el crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L), cultivar Great Lakes 118, sembrada en sistema hidropónico artesanal de raíz flotante.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área experimental y preparación del semillero

La investigación se realizó en el Campo Juanico, de la Universidad de Oriente, Maturín, estado Monagas, Venezuela; ubicado en las coordenadas 9° 45' de latitud Norte y 63° 11' de longitud Oeste, con altitud de 65 m y temperatura media anual de 28,27 °C. Se usaron semillas de lechuga (*L. sativa* L.), de la categoría certificada, del cultivar Great Lakes 118 y se sembraron en semillero de 50 x 50 x 10 cm. El sustrato estuvo constituido por la mezcla de virutas de madera roja prelavada y arcilla expandida (Aliven®) en la relación de 3:1 (FAO 2004). Se sembraron ocho hileras de 40 cm de longitud, a la profundidad de un centímetro. La germinación se inició a partir del cuarto día y las plántulas se trasplantaron a las mesas de cultivo a los siete días después de la germinación.

El semillero se fertilizó diariamente con 250 mL de una solución de 18-18-18 al 0,2% (2 g.L<sup>-1</sup> de agua) rociada al sustrato y a las plántulas de lechuga (FAO 2004).

### Preparación de las mesas de cultivo para el sistema de raíz flotante

Se construyeron 16 mesas de madera con cajones de las siguientes dimensiones 50 x 100 x 10 cm, con capacidad de 50 L. El interior de los cajones se forró con plástico negro de 10 micras de espesor (FAO 2004), por data de evaluación. Se utilizaron láminas horadadas de poliestireno expandido de alta densidad, de una pulgada de espesor para el sostén de las plántulas. Las medidas de la lámina se ajustaron al área del cajón de la mesa. Los hoyos, de 3/4" de diámetro, se distribuyeron en tresbolillo en la lámina y en estos se ubicaron las plántulas.

De una lámina de goma espuma de una pulgada de espesor, se cortaron cubos de las siguientes dimensiones 3 x 3 x 3 cm, y luego de cortados con bisturí hasta el centro se humedecieron. En estos cubos se fijaron las plántulas obtenidas del semillero, para su posterior disposición en la lámina de poliestireno. Las raíces de las plántulas se mantuvieron en contacto con la solución nutritiva.

El agua empleada para preparar las soluciones nutritivas se analizó en el Laboratorio de Suelos de la Escuela de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Oriente. Esta presentó las siguientes características: color real L50UPE-CO; turbidez L25UNT; sólidos flotantes ausentes; pH 8,5; CE 0,05 ds/m; dureza: 126 mg CaCO<sub>3</sub>.

### Tratamientos, evaluaciones y diseño experimental

Se evaluaron cuatro dosis del fertilizante 18-18-18, por litro de agua: T<sub>1</sub>= 2 g (0,2 %), T<sub>2</sub>=3 g (0,3 %), T<sub>3</sub>= 4 g (0,4 %) y T<sub>4</sub>= 5 g (0,5 %). Se aireó diariamente la solución nutritiva en cada unidad experimental mediante agitación manual, durante un minuto (Sádaba *et al.* 2008 y Marulanda e Izquierdo 1997).

Se realizaron cinco evaluaciones a las mesas de cultivo, cada una independiente en el tiempo, a partir del día de trasplante, a intervalos semanales. Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm.); peso fresco y seco del follaje (g); peso fresco y seco de las raíces (g); volumen radical mediante desplazamiento de líquido en un cilindro graduado (mL) y pH con el uso de un potenciómetro, marca Hanna. Las soluciones nutritivas se renovaron, en cada unidad experimental, después de cada evaluación.

Para la determinación del peso seco del follaje, se tomó una planta y se colocó por separado en una bolsa de papel horadada; mientras que, las raíces se agruparon por tratamientos y colocaron en una estufa de aire caliente forzado a 85 °C, marca Memmert por un lapso de 24 h, hasta obtener peso constante; a partir de la tercera evaluación las plantas se deshidrataron por un lapso de 48 horas en virtud del grado de follaje.

Los tratamientos se dispusieron en un diseño completamente aleatorizado, con cuatro repeticiones, para un total de 16 unidades experimentales, cada una con 32 plantas de lechuga. Previo al análisis de varianza, las variables se exploraron por el software Assistat versión 7.7 (Silva y Azevedo 2016) para las pruebas de normalidad de Shapiro Wilk y la homogeneidad de varianza de Bartlett. Los promedios de los tratamientos se compararon por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad. Los análisis estadísticos de los datos se realizaron con el programa estadístico Infostat versión 2016 (Di Rienzo *et al.* 2016).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se constató la normalidad (prueba de Shapiro Wilk) y la homogeneidad de varianza (prueba de Bartlett) de las variables evaluadas y se procedió a los respectivos análisis de varianza.

### Peso fresco del follaje

Se observó diferencias ( $P \leq 0,05$ ) entre tratamientos por la prueba de F, a partir de los 14 días después de la siembra (DDS). La comparación entre tratamientos por la prueba de Tukey, a 5% de probabilidad, detectó a los 14 DDS que la dosis de 5 g.L<sup>-1</sup> presentó el mayor peso fresco del follaje (Cuadro 1). A partir de los 21 DDS se observó una tendencia similar en los tratamientos con las diferentes dosis del fertilizante y superioridad estadística de 2 g.L<sup>-1</sup> de 18-18-18. Los valores promedios para esta variable oscilaron entre 4,57 a 90,70 g.planta<sup>-1</sup> (Cuadro 1).

El tratamiento con 2 g.L<sup>-1</sup> de 18-18-18, a los 35 DDS presentó en promedio un peso fresco del follaje de 91 g.planta<sup>-1</sup> (5,8 kg.m<sup>-2</sup>). Estos rendimientos superan en 13,77% con relación a los 5,0 kg.m<sup>-2</sup> obtenidos por Bermejillo *et al.* (2010) en un ensayo relacionado con la producción de la lechuga, en la misma área de producción, a través del método hidropónico de raíz flotante. Los resultados evidencian la potencialidad del fertilizante y de la dosis particular en los rendimientos señalados.

Los rendimientos en peso fresco del follaje empleando 18-18-18, fueron superiores en

Cuadro 1. Peso fresco del follaje de plantas de lechuga (*L. sativa* L.) cv. Great Lakes 118 para las diferentes dosis del fertilizante 18-18-18 en condiciones de hidroponía artesanal.

Tratamientos (g.L <sup>-1</sup> de triple 18)	Peso fresco de follaje (g.planta <sup>-1</sup> )			
	Días después de la siembra (DDS)			
	14	21	28	35
2	1,49 b	4,57 a	28,70 a	90,70 a
3	1,33 c	4,15 b	23,70 b	75,90 b
4	0,95 d	1,97 c	14,80 c	53,20 c
5	1,88 a	2,11 d	10,30 d	44,60 d

Comparaciones realizadas por la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Promedios seguidos de la misma letra en la columna no difieren estadísticamente.

comparación con los resultados obtenidos por Marulanda (2003) y Marulanda e Izquierdo (1997). Estos autores usaron una solución nutritiva completa con base en productos individuales y los rendimientos estuvieron alrededor de 4 kg.m<sup>-2</sup>. Por lo antes señalado, utilizar 18-18-18 sería una alternativa más sencilla al implementar el cultivo hidropónico de lechuga en alguna comunidad, centros educativos y de reclusión, hospitales, entre otros.

### Peso seco del follaje

Para esta variable se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos durante los 14, 28 y 35 DDS. Al comparar los valores promedios (Cuadro 2) se observa similar tendencia con las dosis estudiadas. Se constató que los mayores valores de peso seco los presentó la dosis de 2 g.L<sup>-1</sup> de 18-18-18. Los valores resultantes del tratamiento de 5 g.L<sup>-1</sup> de 18-18-18 fueron los más bajos para todas las evaluaciones de esta variable.

Se observa correspondencia entre las variables peso fresco y seco del follaje, lo cual se demuestra en los resultados presentados en los Cuadros 1 y 2. Las dos variables tuvieron mejor comportamiento a la dosis 2 g.L<sup>-1</sup> de 18-18-18. De manera similar se ratifica lo poco ventajoso que resultó la dosis de 5 g.L<sup>-1</sup> 18-18-18 para las plantas de lechuga en las condiciones del estudio; aunque no se evidenciaron síntomas asociados a un posible efecto osmótico derivado de

una probable excesiva concentración de sales en la solución nutritiva.

### Peso fresco de raíces

Se aprecia disminución de los valores del peso fresco de las raíces, a los 35 DDS, sin que esto afectara el desarrollo de las plantas. Para esta variable se observaron diferencias entre los tratamientos a los 7; 14; 21 y 28 DDS, por la prueba de F a 5% de probabilidad.

Al comparar los tratamientos por la prueba de Tukey a 5 % de probabilidad para los promedios peso fresco de la raíz, se constató que a los 7 DDS las dosis de 2; 3 y 5 g.L<sup>-1</sup> de 18-18-18, son estadísticamente iguales; además, presentaron los menores valores de peso fresco de la raíz en contraste con la dosis 4 g.L<sup>-1</sup> de triple 18 que registró el mayor peso (Cuadro 3). Tal vez este comportamiento sea de naturaleza aleatoria y dependa del tamaño de las plántulas al momento del trasplante. Para los 14; 21 y 28 DDS se mantiene una tendencia similar de comportamiento estadístico de los valores medios de peso fresco de las raíces; se alcanzó su máximo valor con la dosis de 2 g.L<sup>-1</sup> de 18-18-18. Este comportamiento fue similar al tratamiento con 3 g.L<sup>-1</sup> a los 21 y 28 DDS.

La ausencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos a los 35 DDS puede ser debido a que la planta alcanzó su máximo desarrollo radical; sin embargo, no se afectó el desarrollo del follaje como pudo ser observado en las variables peso fresco y seco (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 2. Peso seco del follaje de plantas de lechuga (*L. sativa* L.) cv. Great Lakes 118 para las diferentes dosis del fertilizante 18-18-18, en condición de hidroponía artesanal.

Tratamientos (g.L <sup>-1</sup> de triple 18)	Peso seco de follaje (g.planta <sup>-1</sup> )		
	Días después de la siembra (DDS)		
	14	21	35
2	0,0767 a	1,27 a	5,06 a
3	0,0532 b	1,25 a	4,21 b
4	0,0236 c	0,71 b	3,97 b
5	0,0192 c	0,89 b	3,49 b

Comparaciones realizadas por la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Promedios seguidos de la misma letra en la columna no difieren estadísticamente.

Cuadro 3. Peso fresco de raíces de plantas de lechuga (*L. sativa* L.) cv. Great Lakes 118 para las diferentes dosis del fertilizante 18-18-18, en condición de hidroponía artesanal.

Tratamientos (g.L <sup>-1</sup> de triple 18)	Peso fresco de raíces (g/planta)			
	Días después de la siembra (DDS)			
	7	14	21	28
2	0,0198 b	0,1280 a	0,359 a	2,97 a
3	0,0215 b	0,0858 b	0,303 a	2,60 ab
4	0,0311 a	0,0570 b	0,160 b	2,00 bc
5	0,0197 b	0,0564 b	0,193 b	1,36 c

Comparaciones realizadas por la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Promedios seguidos de la misma letra en la columna no difieren estadísticamente.

### Peso seco de raíces

De acuerdo a los resultados obtenidos para esta variable, solo se detectaron diferencias entre tratamientos para los 14 y 21 DDS. La prueba de Tukey (Cuadro 4) indicó que la dosis de 2 g.L<sup>-1</sup> de 18-18-18 presentó los mayores valores de peso seco de raíces.

Defilipis et al. (2005), al evaluar la respuesta al riego de un cultivo de lechuga en ambiente protegido, encontraron que el peso seco de las plantas mostró una tendencia creciente en correspondencia con mayor restricción hídrica; resultados que difieren de los obtenidos en este trabajo. Los resultados obtenidos en esta investigación permiten señalar que el desarrollo de las raíces ocurrió dentro de las primeras

Cuadro 4. Peso seco de raíces de plantas de lechuga (*L. sativa* L.) cv. Great Lakes 118 para las diferentes dosis del fertilizante 18-18-18, en condición de hidroponía artesanal.

Tratamientos (g.L <sup>-1</sup> de triple 18)	Peso seco de raíces (g.planta <sup>-1</sup> )	
	Días después de la siembra (DDS)	
	14	21
2	0,01570 a	0,0654 a
3	0,00600 b	0,0262 b
4	0,00378 b	0,0117 b
5	0,00262 b	0,0116 b

Comparaciones realizadas por la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Promedios seguidos de la misma letra en la columna no difieren estadísticamente

tres semanas de establecido el cultivo (07, 14 y 21 DDS). Este argumento sirve como base para afirmar el hecho de observarse diferencias entre tratamientos en relación al desarrollo radicular para las dos últimas evaluaciones del ciclo del cultivo. Particularmente, es necesario agregar que el desarrollo de las plantas se hizo con 100% de disponibilidad de agua y aun con suficiente suministro de nutrimentos.

### Altura de planta

La altura de planta presentó diferencias estadísticas entre tratamientos para las evaluaciones a los 21; 28 y 35 DDS. La comparación de los promedios por la prueba de Tukey (Cuadro 5), señala que, para esas tres evaluaciones, la dosis de 2 g.L<sup>-1</sup> 18-18-18, mostró los mayores valores de altura de planta. Para los 21 y 28 DDS los menores valores promedios se encontraron en los tratamientos con las dosis de 4 y 5 g.L<sup>-1</sup> de triple 18.

López-Molina y López (2010), compararon diferentes cultivares de pimiento bajo la técnica hidropónica de flujo laminar de nutrimentos. Los autores encontraron que el cultivar HA 769, presentó mayor altura y espaciado entre nudos. Esa experiencia sirve de referencia si se evaluaran diferentes cultivares de lechuga bajo la técnica de raíz flotante; ya que, después de determinar la dosis que mejor se ajusta a un desarrollo adecuado de las plantas de lechuga sería importante evaluar el crecimiento de diferentes cultivares en un medio líquido con el uso de 2 g de 18-18-18/litro de agua.

Cuadro 5. Altura de plantas de lechuga (*L. sativa* L.) cv. Great Lakes 118 para las diferentes dosis del fertilizante 18-18-18, en condición de hidroponía artesanal.

Tratamientos (g.L <sup>-1</sup> de triple 18)	Altura de planta (cm)		
	Días después de la siembra (DDS)		
	21	28	35
2	0,0767 a	1,27 a	5,06 a
3	0,0532 b	1,25 a	4,21 b
4	0,0236 c	0,71 b	3,97 b
5	0,0192 c	0,89 b	3,49 b

Comparaciones realizadas por la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Promedios seguidos de la misma letra en la columna no difieren estadísticamente.

### Volumen radical

Se observaron diferencias entre tratamientos para las evaluaciones del volumen radical a los 7, 14; 21 y 28 DDS. La prueba de Tukey evidencia que el tratamiento con la dosis de 2 g.L<sup>-1</sup> de 18-18-18 presentó los mayores valores de volumen radical (Cuadro 6) y difieren estadísticamente de las otras dosis evaluadas. Los volúmenes radicales a los 7; 14 y 21 DDS, en las dosis de 3; 4 y 5 g.L<sup>-1</sup> de agua de 18-18-18 son similares estadísticamente.

Hubo disminución del volumen radical a los 35 DDS, que no afectó el desarrollo vegetativo de las plantas de lechuga. Esta aseveración se comprueba con el aumento, tanto en peso fresco (Cuadro 1) como en altura de las plantas (Cuadro 5). Esta disminución pudiera estar asociada a una variación en la cantidad de oxígeno disuelto en la solución nutritiva, aunque esta

variable no fue cuantificada, o al comportamiento fisiológico del cultivo en el medio líquido.

Sádaba *et al.* (2008), mencionan que en condiciones de alta temperatura se produce menor solubilidad del oxígeno en el agua; esto unido al consumo radical del oxígeno hacen que este sea un factor importante a evaluar. Por otro lado, Ninancuro y Wiyasa (2007) resaltan que los requerimientos de oxígeno y la habilidad de la planta para superar condiciones de inundación varían de acuerdo con la especie. La mayor parte de la raíz está inmersa en la solución nutritiva y es una barrera para el movimiento gaseoso entre las raíces y el espacio libre no ocupado por la solución. Aunque no se evidenció una sintomatología en las raíces, asociada a un posible daño osmótico, es probable que la alta concentración de sales pudo afectar el desarrollo y, por ende, el volumen radical.

Cuadro 6. Volumen radical de las plantas de lechuga (*L. sativa* L.) cv. Great Lake 118 para las diferentes dosis de fertilizante 18-18-18 en condiciones de hidroponía artesanal.

Tratamientos (g.L <sup>-1</sup> de triple 18)	Volumen radical (ml)			
	Días después de la siembra (DDS)			
	7	14	21	28
2	0,1200 a	0,2030 a	0,7900 a	3,60 a
3	0,0225 b	0,0425 b	0,0625 b	2,36 b
4	0,0275 b	0,0300 b	0,0750 b	1,79 c
5	0,0350 b	0,0425 b	0,0825 b	1,31 d

Comparaciones realizadas por la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Promedios seguidos de la misma letra en la columna no difieren estadísticamente.

### Potencial hidrogeniónico

La prueba de F demostró la existencia de diferencias significativas en el potencial hidrogeniónico de tratamientos en los diferentes periodos de evaluación. La comparación de estos tratamientos por la prueba de Tukey a 5% de probabilidad mostró que la dosis de 2 g.L<sup>-1</sup> presentó a los 7, 14, 21, 28 y 35 días después de la siembra (DDS) los valores de pH más cercanos a la neutralidad y los mismos se mantienen estables durante el periodo de evaluación del cultivo (Cuadro 7).

Bermejillo et al. (2010) evaluaron una alternativa de producción sustentable del cultivo de rúcula y otras plantas aromáticas en sistema de raíz flotante. En el estudio obtuvieron pH en rangos entre 5,5 y 7,0 que son estables, con variación sólo al inicio del ciclo, ya que la solución preparada era muy ácida. Cabe destacar que la solución nutritiva que utilizaron Bermejillo et al. (2010), la prepararon con base a productos con nutrientes individuales; esto conlleva, en la mayoría de los casos, a realizar correcciones en cuanto a la concentración de las sales que se utilicen.

El uso solo de 18-18-18 ofrece la ventaja de no tener que combinarlo con otras fuentes de nutrimentos, para satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo. Con este fertilizante se mantuvo los valores de pH estables en un rango que osciló entre 6,24 y 6,30 para el tratamiento de 2 g de 18-18-18/litro de agua. Esa dosis

presentó los mejores valores para el potencial hidrogeniónico.

De manera general, se pudo observar que durante el desarrollo del ensayo, principalmente a los 28 y 35 días después de la siembra (DDS), los mejores resultados fueron obtenidos para las variables peso fresco y seco de follaje y de raíces, la altura y el volumen radical con la dosis de 2 g.L<sup>-1</sup> de triple 18; mientras que, con las dosis 3; 4 y 5 g.L<sup>-1</sup> de 18-18-18 todos los valores de las variables cuantificadas mostraron tendencia a disminuir. A medida que aumenta la concentración de sales en la solución nutritiva, el crecimiento del cultivo tiende a ser menor.

### CONCLUSIONES

La dosis 2 g.L<sup>-1</sup> del fertilizante triple 18 (0,2%), a los 35 DDS, presentó en promedio un peso fresco del follaje de 91 g.planta<sup>-1</sup> (5,8 kg.m<sup>-2</sup>). De manera similar se comportaron las variables peso seco de follaje y de raíces, altura y volumen radical.

En todas las dosis evaluadas del fertilizante triple 18, los valores de pH se mantuvieron estables durante la conducción del ensayo y para la dosis de 2 g.L<sup>-1</sup> estuvo en el rango de 6,24-6,30 considerado adecuado para el crecimiento del cultivo.

El uso del fertilizante triple 18, como única fuente de nutrimentos, demostró cubrir los requerimientos necesarios para el crecimiento de las plantas de lechuga, cultivar Great Lakes 118,

Cuadro 7. Potencial hidrogeniónico de la solución en las diferentes dosis del fertilizante 18-18-18, en el crecimiento de plantas de lechuga (*L. sativa* L.) cv. Great Lakes 118 en condición de hidroponía artesanal.

Tratamientos (g.L <sup>-1</sup> de triple 18)	pH				
	Días después de la siembra (DDS)				
	7	14	21	28	35
2	6,30 a	6,28 a	6,30 a	6,27 a	6,24 a
3	6,19 b	6,18 b	6,19 b	6,17 b	6,15 b
4	6,05 c	6,04 c	6,05 c	6,04 c	6,05 c
5	5,96 d	5,95 d	5,97 d	5,94 d	5,94 d

Comparaciones realizadas por la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Promedios seguidos de la misma letra en la columna, no difieren estadísticamente

bajo el método de cultivo hidropónico. No se evidenciaron síntomas asociados con deficiencias nutricionales por carencia de elementos esenciales necesarios para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas de lechuga.

### LITERATURA CITADA

- Avellaneda, M; Bermejillo, A; Mastrantonio, L. 2004. Aguas de riego: Calidad y evaluación de su factibilidad de uso. EDIUNC. 150 p.
- Bermejillo, A; Filippini, M; Pimpini, F; Antonioli, E; Naranjo, G; Novello, V; Rodríguez, P. 2010. Una alternativa de producción sustentable en Mendoza: cultivo de rúcula y otras aromáticas en sistema de raíz flotante (en línea). Consultado 25 oct 2010. Disponible en [www.inta.gov.ar/mendoza/jornadas/Trabajospresentados/Bermejillo11.pdf](http://www.inta.gov.ar/mendoza/jornadas/Trabajospresentados/Bermejillo11.pdf).
- Defilipis, C; Pariani, S; Jiménez, A; Bouzo, C. 2005. Respuesta al riego de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivada en invernadero (en línea) Consultado 08 oct 2016. Disponible en [www.inta.gov.ar/mendoza/Jornadas/Trabajospresentados/Defilipis.pdf](http://www.inta.gov.ar/mendoza/Jornadas/Trabajospresentados/Defilipis.pdf)
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini MG; González L; Tablada, M; Robledo, CW. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2004. Programa Especial de Seguridad Alimentaria – Agricultura Urbana y Peri Urbana. Manual de microhuertos en Venezuela. Viale delle Terme di Caracalla, 00100. 63 p.
- López-Molina, E; López, J. 2010. Evaluación agronómica de cultivares de pimiento en cultivo hidropónico. (en línea). Consultado 15 Oct 2016. Disponible en [http://www.global-agronomics.com/hp\\_002.pdf](http://www.global-agronomics.com/hp_002.pdf).
- Marulanda, C. 2003. Hidroponía familiar en Colombia desde el eje cafetero. Programa para las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Armenia, Colombia. 174 p.
- Marulanda, C; Izquierdo, J. 1997. La huerta hidropónica popular. Manual técnico. Oficina regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Segunda edición revisada. Santiago, Chile. 118 p.
- Méndez N, JR; Lara, L; Gil-Marín, JA. 2007. Efecto del riego por goteo en el crecimiento inicial de tres cultivares de algodón (*Gossypium hirsutum* L.). *Idesia* 25(2):7-15.
- Ninancuro, E; Wiyasa, B. 2007. Producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema recirculante en la región atlántica de Costa Rica. Universidad EARTH. Guácimo. Costa Rica. 39 p.
- Pimpini, F; Massimo, E. 1997. La coltura della rucola negli ambienti veneti. *Colture Protette*. 4: 21-32.
- Pimpini, F. 2001. Principi tecnico agronomici de la fertirrigazione e del fuori suolo. Veneto Agricoltura. Regione Veneto. 201 p.
- Sádaba, S; Del Castillo, J; Astiz, M; Sanz de Galdeano, J; Uribarri, A; Aguado, G. 2008. Cultivo hidropónico de lechuga. (en línea). Consultado 22 oct 2016. Disponible en [www.navarraagraria.com/n170arhile.pdf](http://www.navarraagraria.com/n170arhile.pdf).
- Sánchez, A. 2010. Hidroponía, una gota viva de esperanza. Uruguay (en línea). Consultado 08 oct 2016. Disponible en [http://www2.mgap.gub.uy/BibliotecasdeIMGAP/BibliotecaCentral/Boletines/B6Publicaciones/Articulo\\_AlvaroSanchez.pdf](http://www2.mgap.gub.uy/BibliotecasdeIMGAP/BibliotecaCentral/Boletines/B6Publicaciones/Articulo_AlvaroSanchez.pdf)
- Silva, F; Azevedo, C. 2016. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research* 11(39): 3733-3740.