

RELACIÓN $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y EL CONTENIDO NUTRIMENTAL DE *Portulaca oleracea* L.

$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ RATIO IN THE PRODUCTION OF BIOMASS AND THE NUTRITIONAL CONTENT OF *Portulaca oleracea* L.

César O. Montoya-García^{1*}, Víctor H. Volke-Haller¹, Abel Santillán-Ángeles¹, Norma F. López-Escobar¹, Antonio Trinidad-Santos¹

¹Edafología. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (ing.montoya.cesar@gmail.com), (montoya.cesar@colpos.mx).

RESUMEN

Las plantas absorben el N como amonio (NH_4^+) y como nitrato (NO_3^-), pero la forma amoniacal favorece el desarrollo vegetativo inicial de la planta en algunas especies. El objetivo del presente estudio fue evaluar los genotipos de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) San Gregorio (V_1) y Americana (V_2), procedentes de Xochimilco, Ciudad de México, en hidroponía, con las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$: 0/100, 25/75, 50/50 y 100/0. La evaluación incluyó: altura de planta, número de hojas y ramas en el tiempo y diámetro de tallo, contenido de clorofila (SPAD), biomasa fresca y seca, y concentración de NO_3^- , N, P, K, Ca y Mg del vástago en la cosecha. La relación 25/75 de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ incrementó altura de planta, número de hojas y ramas y diámetro el tallo en ambos genotipos, excepto el número de hojas en V_1 , en el que la relación de 0/100 lo aumentó. Esta última relación, con porcentajes de 9.0, 8.0 y 6.0 % de NH_4^+ estimados, propició la producción mayor de biomasa fresca y seca del vástago, y contenido de agua en el genotipo V_2 . La presencia de NH_4^+ en la solución disminuyó la concentración de NO_3^- , K, Ca y Mg en el vástago, con valores ligeramente menores en V_1 , y aumentó la de N y P.

Palabras clave: verdolaga; biomasa, dinámica de crecimiento, nitrógeno, nutrición vegetal.

INTRODUCCIÓN

La verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) es una hortaliza de hoja nativa de México, donde se consume desde época prehispánica (McClung *et al.*, 2014) y también se consume en Europa y Asia (Petropoulos *et al.* 2016). La verdolaga es un cultivo agrícola con valor nutricional para los humanos, por su contenido de ácidos grasos como linoleico

ABSTRACT

The plants absorb N as ammonium (NH_4^+) and as nitrate (NO_3^-), but the ammoniacal form favors the initial vegetative development of the plant in some species. The objective this study was to evaluate the genotypes of San Gregorio (V_1) and Americana (V_2) purslane (*Portulaca oleracea* L.), originally from Xochimilco, Mexico City, in hydroponics, with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$: 0/100, 25/75, 50/50 and 100/0 ratios. The evaluation included: plant height, number of leaves and branches in time, stem diameter, chlorophyll content (SPAD), fresh and dry biomass, and concentration of NO_3^- , N, P, K, Ca and Mg of the shoot at the harvest. The 25/75 ratio of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ increased plant height, number of leaves and branches and stem diameter in both genotypes, with the exception of the number of leaves in V_1 , in which the 0/100 ratio increased it. This last relation favored the higher production of fresh and dry biomass of the shoot, and water content in the V_2 genotype, with estimated percentages of 9.0, 8.0 and 6.0% of NH_4^+ . The presence of NH_4^+ in the solution decreased the concentration of NO_3^- , K, Ca and Mg in the shoot, with slightly lower values in V_1 , and increased that of N and P.

Key words: purslane, biomass, growth dynamics, nitrogen, plant nutrition.

INTRODUCTION

The purslane (*Portulaca oleracea* L.) is a vegetable native to Mexico, where it is consumed since the prehispanic era (McClung *et al.*, 2014) and it is also consumed in Europe and Asia (Petropoulos *et al.* 2016). The purslane is an agricultural crop with nutritional value for humans given its content of fatty acids, such as linoleic acid (18:3 ω 6) and α -linoleic acid (18:3 ω 3), and antioxidants as phenols, flavonoids, terpenoids, α -tocopherol, α -carotene and β -carotene, glutathione,

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: marzo, 2018. Aprobado: enero, 2019.

Publicado como ARTÍCULO en Agrociencia 53: 521-533. 2019.

(18:3 ω 6) y α -linoleico (18:3 ω 3), y antioxidantes como fenoles, flavonoides, terpenoides, α -tocoferol, α -caroteno y β -caroteno, glutatión, vitaminas A y C y minerales (Palaniswamy *et al.*, 2000; Fontana *et al.*, 2006; Siriamornpun y Suttajit, 2010; Szailai *et al.*, 2010; Montoya-García *et al.*, 2018a, 2018b). La composición nutrimental de esta hortaliza depende del genotipo y las condiciones de cultivo (Petropoulos *et al.*, 2015; Petropoulos *et al.*, 2016; Karkanis y Petropoulos, 2017; Montoya-García *et al.*, 2017). El cultivo comercial de la verdolaga en México se realiza hace más de 50 años (López-Ríos, 1996) y ocupa 493 ha, principalmente con riego en los estados de Morelos (207 ha), Baja California (59 ha), Estado de México (44 ha) y Ciudad de México (182 ha), donde los rendimientos varían entre 14.9 y 16.7 t ha⁻¹ (SIAP, 2018).

La fuente de N, en dependencia de la especie, afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas. El amonio (NH₄⁺) requiere menos energía para que se asimile, comparado con el nitrato (NO₃⁻), pero algunas especies usan de preferencia NO₃⁻ (Guo *et al.*, 2002) y las concentraciones altas de NH₄⁺ en la solución nutritiva pueden suprimir la producción de citoquinina en las hojas, lo que disminuye la división y expansión celular y limita el crecimiento (Sonneveld, 2002; Hawkesford *et al.*, 2012). En tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Liu *et al.*, 2017) y fresa (*Fragaria × ananassa* Duch) (Tabatabaei *et al.*, 2006, 2008) la relación 20/80 de NH₄⁺/NO₃⁻ en la solución nutritiva favoreció el crecimiento, desarrollo, rendimiento y biomasa total. En contraste, Palaniswami *et al.* (2004) no observaron efectos significativos de la relación NH₄⁺/NO₃⁻ en biomasa fresca (pf) y seca (ps) en verdolaga. Szalai *et al.* (2010) encontraron disminuciones en pf y ps al incrementar la relación NH₄⁺/NO₃⁻, pero Fontana *et al.* (2006) reportaron incrementos en altura de planta y peso de hojas y ramas en verdolaga con la relación NH₄⁺/NO₃⁻ de 60/40.

Los NO₃⁻ se acumulan en las vacuolas de los tejidos vegetales en contraste con otros compuestos de N, como NO₂⁻ y NH₄⁺ (Havlin *et al.*, 2005). La toxicidad de los NO₃⁻ para los humanos es baja, pero sus productos de reducción, como el NO₂⁻, pueden representar serios riesgos para la salud (Havlin *et al.*, 2005). El NH₄⁺ como fuente de N puede disminuir el nivel de NO₃⁻ en los tejidos foliares, como se encontró en *Lactuca sativa* var. *crispa* L. (Urlić *et*

vitamins A and C and minerals (Palaniswamy *et al.*, 2000; Fontana *et al.*, 2006; Siriamornpun and Suttajit, 2010; Szailai *et al.*, 2010; Montoya-García *et al.*, 2018a, 2018b). The nutritional composition of this vegetable depends on the genotype and the crop conditions (Petropoulos *et al.*, 2015; Petropoulos *et al.*, 2016; Karkanis y Petropoulos, 2017; Montoya-García *et al.*, 2017).

The commercial cultivation of purslane in Mexico has been carried out for over 50 years (López-Ríos, 1996) and occupies 493 ha, with main irrigation areas in the states of Morelos (207 ha), Baja California (59 ha), Estado de México (44 ha) and Mexico City (182 ha), where yields vary between 14.9 and 16.7 t ha⁻¹ (SIAP, 2018).

The source of N affects the growth and development of the plants, depending on the species. Ammonium (NH₄⁺) requires less energy to be assimilated in comparison to nitrate (NO₃⁻), but some species use preferably NO₃⁻ (Guo *et al.*, 2002), while high concentrations of NH₄⁺ in the nutrient solution can suppress the production of cytokinin in the leaves, which decreases cell division and expansion, and limits growth (Sonneveld, 2002; Hawkesford *et al.*, 2012). In tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Liu *et al.*, 2017) and strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch) (Tabatabaei *et al.*, 2006, 2008), the 20/80 ratio of NH₄⁺/NO₃⁻ in the nutrient solution favored the growth, development, yield and total biomass. In contrast, Palaniswami *et al.* (2004) did not observe significant effects of the NH₄⁺/NO₃⁻ ratio in fresh (fb) and dry biomass (db) in purslane. Szalai *et al.* (2010) found decreases in fb and db by increasing the NH₄⁺/NO₃⁻ ratio, but Fontana *et al.* (2006) reported increases in plant height, weight of leaves and branches of purslane with the NH₄⁺/NO₃⁻ ratio of 60/40. The NO₃⁻ accumulate in the vacuoles of plant tissues in contrast to other N compounds, such as NO₂⁻ and NH₄⁺ (Havlin *et al.*, 2005). The toxicity of NO₃⁻ is low for humans, but its reduction products, such as NO₂⁻, may represent serious health risks (Havlin *et al.*, 2005). The NH₄⁺ as a source of N can decrease the level of NO₃⁻ in the leaf tissues, as was found in *Lactuca sativa* var. *crispa* L. (Urlić *et al.*, 2017), *Lycopersicon esculentum* Mill. (Liu *et al.*, 2017), *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* var. *chinoleifera* and *Brassica juncea* L. (Falovo *et al.*, 2009). The presence of high concentrations of NH₄⁺ in the nutrient solution induces a lower concentration

al., 2017), *Lycopersicon esculentum* Mill. (Liu *et al.*, 2017), *Brassica rapa* L. subsp. *nipposinica* var. *chinois-leifera* y *Brassica juncea* L. (Fallov *et al.* 2009). La presencia de altas concentraciones de NH_4^+ en la solución nutritiva induce una menor concentración de cationes, como K, Ca y Mg, en los tejidos vegetales, y disminuye su potencial nutrimental, mientras que el NO_3^- tiene el efecto opuesto (Kotsiras *et al.*, 2002). La verdolaga tiene ciclo de crecimiento corto y tolera sequía y salinidad moderadas (Petropoulos *et al.*, 2016). Por esto, puede promoverse su cultivo en ciertas zonas de México. Debido a la importancia de la fertilización nitrogenada para este cultivo, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$, en hidroponía, sobre la altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y ramas y producción de biomasa del vástago y las concentraciones de NO_3^- , N, P, K, Ca y Mg en la biomasa del vástago, en dos genotipos de verdolaga de Xochimilco, Ciudad de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$

El estudio se realizó en un invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, estado de México (19° 29' N, 98° 53' O y altitud de 2250 m), en abril y mayo del 2014. Durante el cultivo la temperatura mínima y máxima promedio fueron 13.5 y 29.7 °C y la humedad relativa varió de 55 a 73 %. Los genotipos San Gregorio (V_1) y Americana (V_2) de verdolaga, recolectados del sistema de cultivo tradicional de *Chinampería* en Xochimilco, Ciudad de México y se cultivaron en hidroponía. La siembra se realizó en turba. Cuando se habían expuesto dos hojas verdaderas, se trasplantaron dos plántulas en recipientes de plástico (17 cm × 15 cm) con perlita, con un tamaño de partícula de 3 mm de diámetro y densidad aparente de 0.167 g cm⁻³. Después del trasplante, las plantas se mantuvieron en medio con las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$: 0/100, 25/75, 50/50 y 100/0 (Cuadro 1), y concentración total de N en 12 mM L⁻¹ de la solución universal de Steiner (1984). Los tratamientos se combinaron en un diseño factorial de 2×4, distribuidos en un diseño de bloques completos al azar, con cinco repeticiones.

La solución nutritiva se preparó con agua destilada y se adicionaron sales grado reactivo de ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , K_2SO_4 , KH_2PO_4 , MgSO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KCl, NH_4NO_3 , CaCl_2 y CaSO_4) (Cuadro 1). Los micronutrientes fueron: Fe, 3mg L⁻¹; B, 2.88 mg L⁻¹; Mn, 1.81 mg L⁻¹; Zn, 0.22 mg L⁻¹; Cu, 0.18 mg L⁻¹; y,

of cations, such as K, Ca and Mg in plant tissues, and decreases their nutritional potential, while NO_3^- has the opposite effect (Kotsiras *et al.*, 2002).

The purslane has a short growth cycle and tolerates moderate drought and salinity (Petropoulos *et al.*, 2016). Because of this, its cultivation can be promoted in certain areas of Mexico. Due to the importance of nitrogen fertilization for this crop, the objective of this study was to determine the effect of the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio in hydroponics, on the height of the plant, stem diameter, number of leaves and branches, the production of shoot biomass and concentrations of NO_3^- , N, P, K, Ca and Mg in the shoot biomass, in two purslane genotypes from Xochimilco, Mexico City.

MATERIALS AND METHODS

Plant material and $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios

The study was carried out in a greenhouse of the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México (19° 29' N, 98° 53' W and 2250 m altitude), in April and May of 2014. During the cultivation, the average minimum and maximum temperature were 13.5 °C and 29.7 °C, and the relative humidity varied from 55 to 73 %. The purslane genotypes San Gregorio (V_1) and "Americana" (V_2) were harvested from the traditional culture system of *Chinampería* in Xochimilco, Mexico City, and were cultivated in hydroponics. The planting was done in a peat. When two true leaves were exposed, two seedlings were transplanted in plastic containers (17 cm × 15 cm) with perlite, with a particle size of 3 mm in diameter and apparent density of 0.167 g cm⁻³. After the transplant, the plants were maintained in the middle of the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$: 0/100, 25/75, 50/50 and 100/0 ratios (Table 1), and the total concentration of N in 12 mM L⁻¹ of the Steiner universal solution (1984). The treatments were combined in a factorial design of 2×4, distributed in a randomized complete blocks design, with five repetitions.

The nutrient solution was prepared with distilled water and were added reagent grade salts of ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , K_2SO_4 , KH_2PO_4 , MgSO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KCl, NH_4NO_3 , CaCl_2 and CaSO_4) (Table 1). The micronutrients were: Fe, 3mg L⁻¹; B, 2.88 mg L⁻¹; Mn, 1.81 mg L⁻¹; Zn, 0.22 mg L⁻¹; Cu, 0.18 mg L⁻¹ and Mo, 0.02 Mo mg L⁻¹, added in reagent grade salts (ZnSO_4 , CuSO_4 , MnCl_2 , H_3BO_3 and H_2MoO_4 , and the Fe was added in the form of FeEDTA). The pH of the nutrient solution was adjusted to 5.5 with H_2SO_4 . Three hundred mL of nutrient solution was applied directly on the substrate in 2 d intervals.

Cuadro 1. Composición de la solución nutritiva.**Table 1.** Composition of nutrient solution

Relación NH ₄ ⁺ / NO ₃ ⁻	Concentración nutrimental (mM L ⁻¹)							
	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
0/100	0	12	1	3.5	0	7	4.5	2
25/75	3	9	1	4.5	4	7	4.5	2
50/50	6	6	1	7.5	4	7	4.5	2
100/0	12	0	1	13.5	4	7	4.5	2

Mo, 0.02 Mo mg L^{-1} , agregados en sales grado reactivo (ZnSO_4 , CuSO_4 , MnCl_2 , H_3BO_3 y H_2MoO_4 , y el Fe se agregó como FeEDTA). El pH de la solución nutritiva se ajustó a 5.5, con H_2SO_4 . Trecientos mL de solución nutritiva se aplicaron directamente al sustrato, en intervalos de 2 d.

Variables de crecimiento y producción de biomasa

Las hojas y ramas se contabilizaron y la altura de planta se midió cada 7 d desde el trasplante (7, 14, 21 y 28 d) y en madurez vegetativa a los 32 d. La biomasa fresca del vástago, el diámetro del tallo e índice de clorofila de las hojas se determinaron (SPAD-502, Tokio, Minolta, Japón) en la cosecha. La biomasa seca (PS) se obtuvo de hojas, ramas y tallo después de mantenerlos en un horno con circulación forzada de aire, a 70 °C por 72 h.

Concentración de nitratos y nutrimental en la biomasa

La concentración nutrimental en la biomasa incluyó: 1) NO_3^- , por reflectometría con el método de Cataldo *et al.* (1975); 2) N, con el método de Kjeldahl (Alcántar y Sandoval, 1999); 3) P, Ca, Mg y K, por digestión húmeda, con mezcla de ácido nítrico y ácido perclórico, en relación 2:1 y P, Ca y Mg con espectrometría de emisión atómica de inducción por plasma acoplado (ICP-AES, 89 Marca VARIAN, Modelo Liberty II, Mulgrave, Australia); el K se determinó por flamometría en un equipo Corning 400-flame Photometer. Las concentraciones de nitratos se expresaron por unidad de biomasa fresca y la de los nutrimentos del tejido con base en la biomasa seca.

Análisis de la información

Los modelos de regresión de las variables se obtuvieron en función de las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$, tiempo de muestreo y genotipo que se consideró como variable auxiliar para genotipo 1 $V=0$ y genotipo 2 $V=1$. Para estimar los modelos se usó el método descrito por Volke (2008), el cual consiste en especificar un modelo inicial con una o pocas variables, a partir de la relación

Growth variables and biomass production

The leaves and branches were counted and the plant height was measured every 7 d from the transplant (7, 14, 21 and 28 d) and in vegetative maturity at 32 d. The fresh biomass of the shoot, stem diameter and leaf chlorophyll index (SPAD-502, Tokyo, Minolta, Japan) were determined in the harvest. Dry biomass (db) was obtained from leaves, branches and stem after keeping them in a forced air circulation oven at 70 °C for 72 h.

Nitrate and nutritional concentration in biomass

The nutritional concentration in biomass included: 1) NO_3^- , by reflectometry, with the method of Cataldo *et al.* (1975); 2) N, with the method of Kjeldahl (Alcántar and Sandoval, 1999); 3) P, Ca, Mg and K, by wet digestion with a mix of nitric and perchloric acids in 2:1 ratio and P, Ca and Mg with inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES, 89 VARIAN, Model Liberty II, Mulgrave, Australia); the K was determined by phlamometry in a Corning 400-flame Photometer equipment. Nitrate concentrations were expressed per fresh biomass unit and those of tissue nutrients were based on dry biomass.

Information analysis

The regression models of the variables were obtained according to the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios, sampling time and genotype that was considered as auxiliary variable for genotype 1 $V=0$ and genotype 2 $V=1$. To estimate the models, the method described by Volke (2008) was applied, which consists of specifying an initial model with one or a few variables from the graphic relationship between the response variables and the study factors, and incorporating variables into the model, based on the graphic relationship between the residuals and the factors not yet included in the model that show some response tendency, until obtaining a model with a lower mean squared error (MSE). The regression models were obtained with SAS 8.2 for Windows, and the graphs, based on the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio, time and varieties, were generated with the values estimated by the models.

gráfica entre las variables respuesta y los factores de estudio, e incorporar variables al modelo, con base en la relación gráfica entre los residuos y los factores aún no incluidos en el modelo que muestren alguna tendencia de respuesta, hasta obtener un modelo con menor cuadrado medio del error (CME). Los modelos de regresión se obtuvieron con SAS 8.2 para Windows, y las gráficas, en función de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$, tiempo y variedades, se generaron con los valores estimados por los modelos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables de crecimiento y producción de biomasa

La altura de planta en ambos genotipos fue mayor (22.8 cm para V_1 y 27.6 cm para V_2) con la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 25/75 y menor (hasta 17.6 y 20.0 cm) con la proporción mayor de NH_4^+ en la solución con la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 100/0 (Cuadro 2, Figura 1).

El número de hojas por planta fue mayor con la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 0/100 en el genotipo V_1 y de 25/75 en V_2 (138 y 209 hojas), y disminuyó a 94 y 69 hojas con el incremento de la proporción de NH_4^+ en la solución con la relación de 100/0 en V_2 , y el número de hojas por planta con la relación de 0/100 fue 161 (Cuadro 2, Figura 1).

El número de ramas por planta en ambos genotipos fue mayor con la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 0/100,

RESULTS AND DISCUSSION

Growth variables and biomass production

Plant height in both genotypes was higher (22.8 cm for V_1 and 27.6 cm for V_2) with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 25/75 and lower (up to 17.6 and 20.0 cm) with the highest proportion of NH_4^+ in the solution with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 100/0 (Table 2, Figure 1).

The number of leaves per plant was higher with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 0/100 in the genotype V_1 and of 25/75 in V_2 (138 and 209 leaves), and decreased to 94 and 69 leaves with the increase in the proportion of NH_4^+ in the solution with the 100/0 ratio in V_2 , and the number of leaves per plant with the 0/100 ratio was 161 (Table 2, Figure 1).

The number of branches per plant in both genotypes was higher with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 0/100, with 16 for V_1 and 18 for V_2 , and decreased with the increase of the NH_4^+ proportion in the solution, up to nine branches with the 100/0 ratio, in both genotypes (Table 2, Figure 1).

In both genotypes, the highest plant height at harvest was obtained with NH_4^+ in the solution, in such a manner that for this variable the presence of a certain amount of NH_4^+ in the solution was indeed beneficial (25 %). In contrast, for the number of leaves and branches per plant, except for the number

Cuadro 2. Modelos de regresión para altura de planta y número de hojas y ramas de dos genotipos de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en función del tiempo y la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

Table 2. Regression models for plant height, number of leaves and branches of two purslane genotypes (*Portulaca oleracea* L.), as a function of time and the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio.

Modelos de regresión	R ²
Altura=0.51+0.429 V+0.0193 T ² +0.0169 X-0.000245 X ² V+0.00440 T ² V+0.00350 T ² X ^{0.50} -0.000691 T ² X+0.00000298 T ² X ²	0.940
Hoja=4.87+23.589 V+0.130 T ² -46.477 VX ^{0.25} +13.249 VX ^{0.50} +0.0117 T ² X ^{0.25} -0.00803 T ² X ^{0.50} +0.174 VT ² X ^{0.25} -0.0583 VT ² X ^{0.50}	0.946
Rama=-1.07+1.550 V+0.0163 T ² +0.000756 T ² V+0.0178 X+0.00139 T ² X ^{0.50} -0.000430 T ² X+0.00000212 T ² X ² -1.516 X ^{0.50} V+0.283 XV-0.00157 X ² V	0.868

Altura de planta en cm), hoja: número de hojas por planta, rama: número de ramas por planta, T: días después del trasplante (7 a 32 ddt), X: amonio en la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de la solución nutritiva, V: variable auxiliar para los genotipos de verdolaga y R²: coeficiente de determinación múltiple. ♦ Plant height (cm); leaf: number of leaves plant; branch: number of branches per plant; T: days after the transplant (7 to 32 dat); X: ammonia in the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of the nutrient solution; V: auxiliary variable for purslane genotypes; R²: multiple determination coefficient.

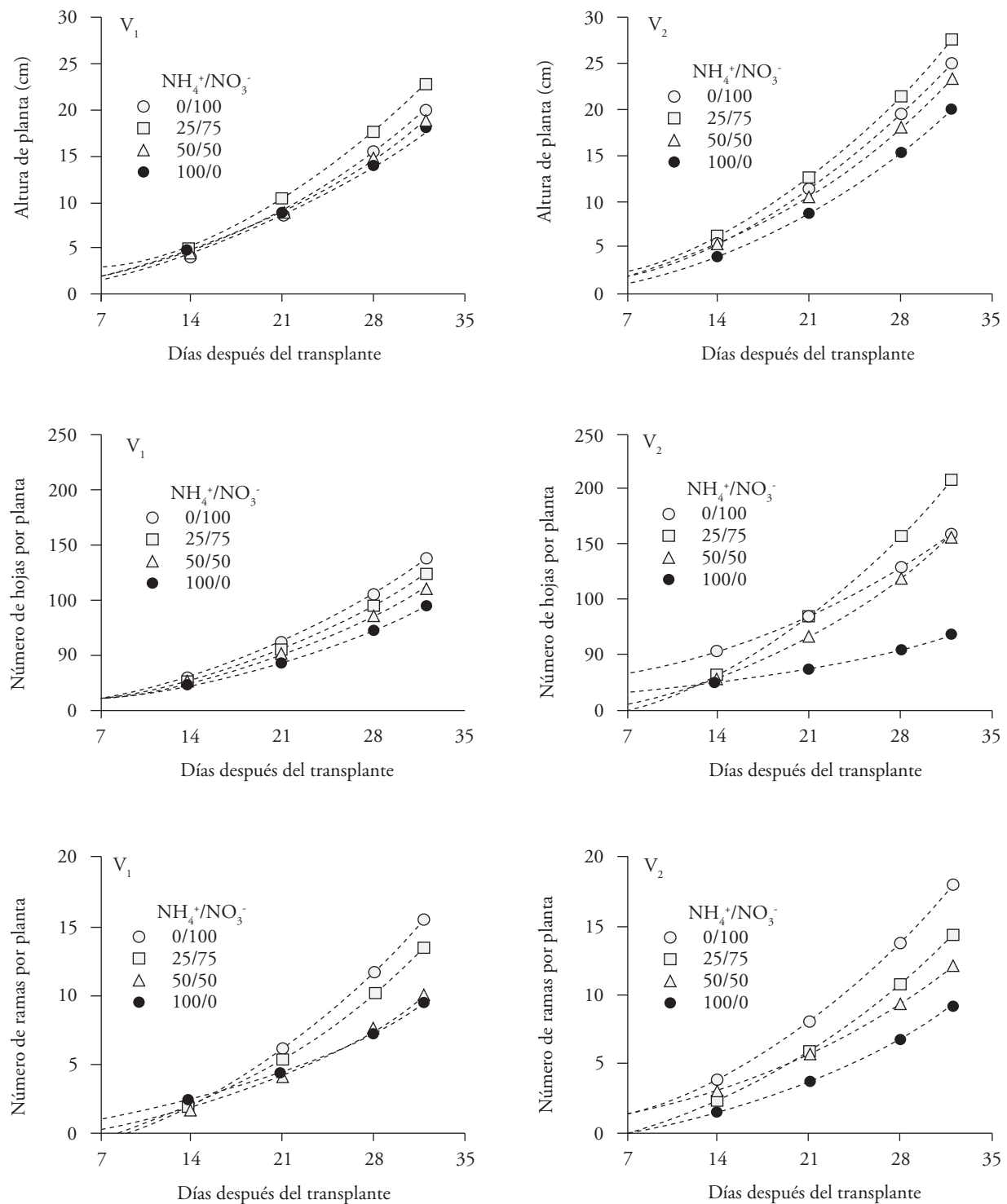


Figura 1. Altura de planta, número de hojas y ramas de dos genotipos de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en función del tiempo y la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

Figure 1. Plant height, number of leaves and branches of purslane genotypes (*Portulaca oleracea* L.), according to time and the ratio $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

con 16 para V_1 y 18 para V_2 y disminuyeron con el incremento de la proporción de NH_4^+ en la solución, hasta nueve ramas con la relación 100/0, en ambos genotipos (Cuadro 2, Figura 1).

En ambos genotipos la mayor altura de planta a la cosecha se obtuvo con NH_4^+ en la solución, de tal manera que para esta variable sí fue benéfica la presencia de cierta cantidad de NH_4^+ en la solución (25 %). En cambio, para el número de hojas y de ramas por planta, excepto número de hojas del genotipo V_2 , el mayor valor se obtuvo sin NH_4^+ en la solución, aunque para el número de hojas del genotipo V_2 , el mayor valor se obtuvo con 25 % de amonio en la solución.

El efecto de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (modelo con $R^2=0.267$) en el diámetro del tallo fue mínimo, y los valores máximos (7.34 mm y 8.64 mm en V_1 y V_2) se observaron con las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 25/75 y 50/50 en ambos genotipos (Cuadro 3, Figura 2).

El peso de la biomasa fresca y seca y el contenido de agua fueron mayores en el genotipo V_2 y poco mayores con NH_4^+ en la solución de 9.0, 8.0 y 6.0 %; los valores máximos fueron 35.0 y 50.7 g por planta (pf), 3.24 y 2.33 g por planta (ps), y 86.8 y 89.5 % en V_1 y V_2 , respectivamente. Estos disminuyeron a 6.4 y 22.4 g por planta, 0.47 y 1.38 g por planta y 75.4 y 78.0 % en los genotipos V_1 y V_2 , respectivamente, con la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 100/0 (Cuadro 3, Figura 2).

En condiciones no limitativas ambientales y de manejo, las variables altura, número de hojas y de ramas, diámetro del tallo y producción de biomasa por planta, y contenido de agua en la biomasa, dependen del genotipo y del estado de desarrollo de la planta. Además, el comportamiento de la verdolaga ante la presencia de NH_4^+ en la solución nutritiva también dependerá del genotipo, y en menor o mayor grado del estado de desarrollo de la planta.

Para los cultivares “sin denominación” y *Goldberg* y las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 0/100, 25/75, 50/50 y 75/25, Palaniswamy *et al.* (2000) encontraron en plantas de 18 d (12–14 hojas verdaderas) disminuciones debidas a la mayor presencia de NH_4^+ en la solución nutritiva, para altura de planta, de 39.8–25.7 a 37.9–23.5 cm, y peso de la biomasa de 42.4–32.2 a 39.4–30.6 g planta⁻¹; en cambio, no se observó efecto sobre el número de ramas por planta. Para el material 01-215 del UPCT (Cartagena, Murcia,

Cuadro 3. Modelos de regresión para el diámetro del tallo, biomasa fresca y seca del vástago, y contenido de agua y clorofila (SPAD) de dos genotipos de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en función de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

Table 3. Regression models for stem diameter, fresh and dry biomass of the shoot and the content of water and chlorophyll (SPAD) in two purslane genotypes (*Portulaca oleracea* L.), according to the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio.

Modelo de regresión	R ²
Dt=7.09+0.0280 X-0.000322 X ² +1.37 V-0.000115 X ² V	0.267
B _F =29.73+15.980 V+3.486 X ^{0.50} -0.582 X	0.683
B _S =2.04+0.911 V+0.203 X ^{0.50} -0.036 X	0.690
H=85.55+2.69 V+0.971 X ^{0.50} -0.199 X	0.728
SPAD=42.25	ns

Dt: diámetro de tallo (mm), B_F: biomasa fresca (g por planta), B_S: biomasa seca (g por planta), H: contenido de agua en el tejido (%), SPAD: contenido de clorofila (valores SPAD), X: amonio en la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de la solución nutritiva, V: variable auxiliar para los genotipos de verdolaga y R²: coeficiente de determinación múltiple. ♦ Dt: stem diameter (mm); B_F: fresh biomass (g per plant); B_S: dry biomass (g per plant); H: water content in tissue (%); SPAD: chlorophyll content (SPAD values); X: ammonium in the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ of the nutrient solution; V: auxiliary variable for purslane genotypes; R²: multiple determination coefficient.

of leaves of genotype V_2 , the highest value was obtained without NH_4^+ in the solution, although for the number of leaves of genotype V_2 , the highest value was obtained with 25 % ammonium in the solution.

The effect of the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio (model with $R^2=0.267$) in the stem diameter was minimum, and the maximum values (7.34 mm and 8.64 mm in V_1 and V_2) were observed with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios of 25/75 and 50/50 in both genotypes (Table 3, Figure 2).

The weight of the fresh and dry biomass and the water content were higher in the V_2 genotype and slightly higher with NH_4^+ in the solution of 9.0, 8.0 and 6.0 %; the maximum values were 35.0 and 50.7 g per plant (fb), 3.24 and 2.33 g per plant (db), and 86.8 and 89.5 % in V_1 and V_2 , respectively. These decreased to 6.4 and 22.4 g per plant, 0.47 and 1.38 g per plant, and 75.4 and 78.0 % in genotypes V_1 and V_2 , respectively, with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 100/0 (Table 3, Figure 2).

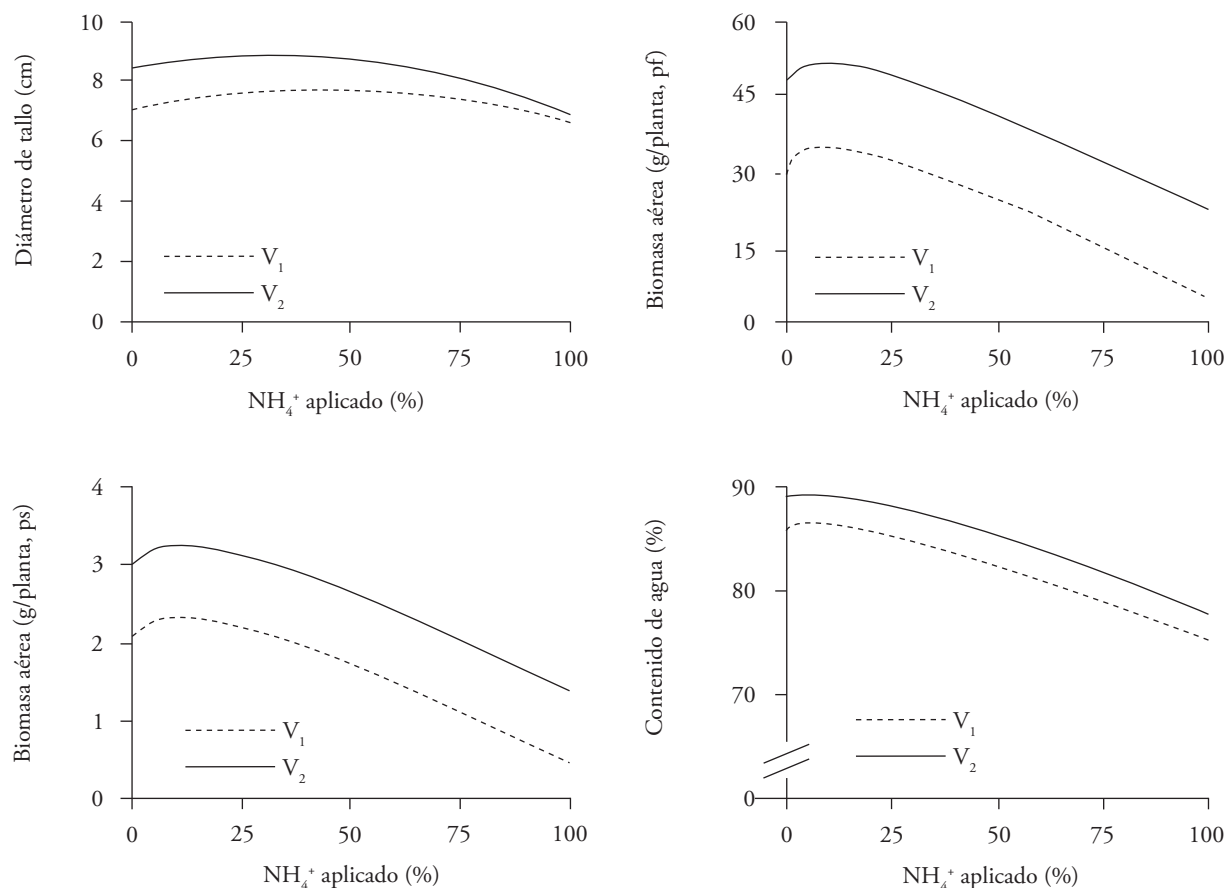


Figura 2. Diámetro del tallo, biomasa aérea fresca y seca, y contenido de agua de dos genotipos de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en función de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

Figure 2. Stem diameter, fresh and dry aerial biomass and water content of two purslane genotypes (*Portulaca oleracea* L.), according to $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio.

España), y las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 40/60, 60/40 y 100/0, Fontana *et al.* (2006) observaron en plantas de 20 d disminuciones debido a la mayor presencia de NH_4^+ en la solución nutritiva, para: altura de planta, de 12.0 a 8.4 cm; número de hojas por planta, de 6 a 5; peso de hojas de 1380 a 714 g m^{-2} (pf); contenido de agua, de 95.5 a 94.1 %; diámetro del tallo, de 2.0 a 1.5 mm. Para las microespecies *P. papillato-stellulata* y *P. nitida* y el material comercial *P. sativa*, y las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 0/100, 25/75, 50/50 y 75/25, Szalai *et al.* (2010) reportaron en plantas de 14 d una disminución del peso de la hoja, con valores de 2.8-3.7 a 1.5-2.4 g (pf).

La $R^2=0.941$ de la biomasa fresca y el número de hojas y el contenido de agua indicó que estas variables y la variedad explican 94.1 % de los valores de la biomasa fresca. La altura de planta, número de ramas por planta y diámetro del tallo también

In non-limiting environmental and handling conditions, the variables in height, number of leaves and branches, stem diameter and biomass production per plant, and water content in the biomass, depend on the genotype and the state of development of the plant. Moreover, the behavior of purslane in the presence of NH_4^+ in the nutrient solution will also depend on the genotype, and to a greater or lesser degree, on the state of development of the plant.

For “no denomination” cultivars and Goldberg and the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios of 0/100, 25/75, 50/50 and 75/25, Palaniswamy *et al.* (2000) found decreases in 18-day plants (12-14 true leaves) due to a greater presence NH_4^+ in the nutrient solution; for the plant height, from 39.8-25.7 to 37.9-23.5 cm, and from 42.4-32.2 to 39.4-30.6 g leaf^{-1} in biomass weight; however, no effect was observed on the number of branches per plant. For the 01-215 material of

presentaron correlación significativa con la biomasa fresca ($r=0.597$ y $p=0.0003$, $r=0.602$ y $p=0.0002$, $r=0.614$ y $p=0.0002$).

Alrededor de dos terceras partes de los ácidos grasos de la verdolaga se encuentran en los cloroplastos. Las unidades SPAD estiman la concentración de clorofila en la hoja y la concentración mayor de clorofila incrementa el color verde (Palaniswamy *et al.*, 2000; Egea-Gilabert *et al.*, 2014).

En nuestro estudio no hubo efecto de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en las unidades SPAD en ningún genotipo (valor medio de unidades SPAD 42.25; Cuadro 3). Pero, Palaniswamy *et al.* (2000) observaron aumentos de las unidades SPAD, de 13.6-10.1 a 17.6-13.4 en dos genotipos al aumentar la proporción de NH_4^+ en la solución de 0 a 75 %. Fontana *et al.* (2006) también encontraron el incremento debido al aumento de la proporción de NH_4^+ en la solución de 40 a 100 %.

Concentraciones de nitratos y nutrimental en la biomasa

La concentración de NO_3^- en la biomasa no difirió entre genotipos y fue menor con la presencia de NH_4^+ en la solución nutritiva (728.4 mg kg^{-1} con la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 0/100, 418 mg kg^{-1} con la relación de 25/75 y 329 mg kg^{-1} con la relación de 100/0; Cuadro 4, Figura 3).

Las concentraciones de NO_3^- obtenidas sin NH_4^+ en la solución nutritiva coincidieron con las determinadas en el genotipo Mixquic, procedente de la misma zona que los de nuestro estudio, cuando se cultivó en suelo, con 516 mg kg^{-1} sin aplicar N a 2000 mg kg^{-1} y aplicación de 300 kg N ha^{-1} (Montoya *et al.*, 2017). En contraste, fueron menores a las determinadas por Kaşkar *et al.* (2009) y Egea-Gilabert *et al.* (2013) en otros genotipos en sistemas hidropónicos (2032 a 3949 mg kg^{-1}), y por Kaymak (2013) en suelo (1247 a 1435 mg kg^{-1}).

Santamaría (2006) identificó cuatro intervalos de concentraciones de NO_3^- en follaje de hortalizas de hoja: bajo o menor de 500 mg kg^{-1} , medio o de 501 a 1500 mg kg^{-1} , alto o de 1500 a 2500 mg kg^{-1} y muy alto o mayor de 2500 mg kg^{-1} . La concentración en los genotipos V_1 y V_2 estuvo en el intervalo medio (728 mg kg^{-1} con 1 % de NH_4^+ en la solución nutritiva).

La ingesta diaria máxima aceptable de NO_3^- es 3.7 mg kg^{-1} de peso corporal (EFSA, 2008), por lo

UPCT (Cartagena, Murcia, Spain), the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios of 40/60, 60/40 and 100/0, Fontana *et al.* (2006) observed decreases in 20-day plants due to a greater presence of NH_4^+ in the nutrient solution for: the plant height, from 12.0 to 8.4 cm; number of leaves per plant from 6 to 5; leaf weight from 1380 to (fb); water content from 95.5 to 94.1 %; stem diameter from 2.0 to 1.5 mm. For the microspecies *P. papillato-stellulata* and *P. nitida* and the commercial material *P. sativa*, and the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios of 0/100, 25/75, 50/50 and 75/25, Szalai *et al.* (2010) reported a decrease of plant weight in 14-day plants, with values from 2.8-3.7 to 1.5-2.4 g (fb).

The $R^2=0.941$ of the fresh biomass, the number of leaves and the water content shown that these variables and variety explain 94.1 % of fresh biomass values. The plant height, the number of leaves per plant and the stem diameter also presented significant correlation with fresh biomass ($r=0.597$ and $p=0.0003$, $r=0.602$ and $p=0.0002$, $r=0.614$ and $p=0.0002$).

About two-thirds of the purslane fatty acids are found in chloroplasts. The SPAD units estimate the concentration of chlorophyll in the leaf, and the higher concentration of chlorophyll increases the green color (Palaniswamy *et al.*, 2000; Egea-Gilabert *et al.*, 2014). In our study there was no effect of the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio in the SPAD units in any genotype (mean value of SPAD units 42.25, Table 3). But, Palaniswamy *et al.* (2000) observed increases in SPAD units, from 13.6-10.1 to 17.6-13.4, in two genotypes by increasing the proportion of NH_4^+ in the solution, from 0 to 75%. Fontana *et al.* (2006) also found an increase due to an increment of the NH_4^+ proportion in the solution, from 40 to 100%.

Nitrate and nutritional concentrations in biomass

The concentration of NO_3^- in the biomass did not differ between genotypes and was lower with the presence of NH_4^+ in the nutrient solution (728.4 mg kg^{-1} with $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 0/100, 418 mg kg^{-1} with ratio of 25/75 and 329 mg kg^{-1} with the ratio of 100/0; Table 4, Figure 3).

The concentrations of NO_3^- obtained without NH_4^+ in the nutrient solution coincided with those determined in the Mixquic genotype, from the same area as those of our study, when it was cultivated in soil with 516 mg kg^{-1} without applying N to 2000 mg kg^{-1} and application of 300 kg N ha^{-1}

Cuadro 4. Modelos de regresión para las concentraciones de nitratos y nutrimentales de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), en función de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$, en el vástago cosechado 32 días después del trasplante.

Table 4. Regression models for the nitrate and nutritional concentrations of purslane (*Portulaca oleracea* L.), according to the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio in the shoot harvested 32 after the transplant.

Modelo de regresión	R ²
$\text{NO}_3^- = 728.45 X^{-0.172}$	0.978
$\text{N} = 38.49 + 0.148 X - 0.00167 X^2$	0.700
$\text{P} = 2.58 + 0.110 V + 0.849 X^{0.50} - 0.0499 X$	0.859
$\text{K} = 36.68 - 1.143 V - 0.001925 X^2 + 0.05650 VX$	0.935
$\text{Ca} = 8.816 + 2.504 V - 1.447 X^{0.50} + 0.09670 X$	0.974
$\text{Mg} = 10.18 + 2.565 V - 1.019 X^{0.50} + 0.05500 X$	0.960

NO_3^- : concentración NO_3^- para V_1 y V_2 (mg kg^{-1} , pf), N: concentración de N (mg g^{-1} , ps), P: concentración de P (mg g^{-1} , ps), K: concentración de K (mg g^{-1} , ps), Ca: concentración de Ca (mg g^{-1} , ps), Mg: concentración de Mg (mg g^{-1} , ps), X: amonio en la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de la solución nutritiva, V: variable auxiliar para los genotipos de verdolaga y R²: coeficiente de determinación múltiple. ♦ NO_3^- : concentration of NO_3^- for V_1 and V_2 (mg kg^{-1} , fb); N: concentration of N (mg g^{-1} , db); P: concentration of P (mg g^{-1} , db); K: concentration of K (mg g^{-1} , db); Ca: concentration of Ca (mg g^{-1} , db); Mg: concentration of Mg (mg g^{-1} , db); X: ammonium in the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of the nutrient solution; V: auxiliary variable for the purslane genotypes; R²: multiple determination coefficient.

cual una persona de 70 kg podría consumir 259 mg d⁻¹, equivalente a 350 g de verdolaga al día, considerando las concentraciones de NO_3^- máximas de nuestro estudio.

La concentración de N no difirió entre los genotipos y cambió con la presencia de NH_4^+ en la solución nutritiva, de 38.5 mg kg⁻¹ con la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 0/100 a 41.7 mg kg⁻¹ con 50/50 y 36.6 mg kg⁻¹ con la relación 100/0. La concentración de P no varió entre los genotipos y aumentó con la presencia de NH_4^+ en la solución nutritiva, de 7.58 mg g⁻¹ con la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 0/100, a 5.58 mg g⁻¹ con 25/75 y 6.15 mg g⁻¹ con la relación de 25/75 (Cuadro 4, Figura 3).

La concentración de K disminuyó de 36.7 y 35.5 mg g⁻¹ con las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 0/100 y 25/75, a 17.5 mg g⁻¹ con la relación de 100/0, en el genotipo V_1 y valores ligeramente mayores en el genotipo V_2 ; la de Ca, de 8.8 mg g⁻¹ con la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 0/100, a 4.0 mg g⁻¹ con la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 0/100 y de 3.5 mg g⁻¹ con las

(Montoya *et al.*, 2017). In contrast, they were lower than those determined by Kaşkar *et al.* (2009) and Egea-Gilabert *et al.* (2013) in other genotypes in hydroponic systems (2032 to 3949 mg kg⁻¹), and by Kaymak (2013) in soil (1247 to 1435 mg kg⁻¹).

Santamaría (2006) identified four intervals of NO_3^- concentrations in leaf vegetables foliage: under or lower 500 mg kg⁻¹, medium or from 501 to 1500 mg kg⁻¹, high or from 1500 to 2500 mg kg⁻¹ and very high or higher than 2500 mg kg⁻¹. The concentration in the V_1 and V_2 was in the medium interval (728 mg kg⁻¹ with 1 % of NH_4^+ in the nutrient solution).

The maximum acceptable daily intake of NO_3^- is 3.7 mg kg⁻¹ of body weight (EFSA, 2008), so that a person weighing 70 kg could consume 259 mg d⁻¹, equivalent to 350 g of purslane a day, considering the NO_3^- maximum concentrations of our study.

The concentration of N did not differ between the genotypes and changed with the presence of NH_4^+ in the nutrient solution, from 38.5 mg kg⁻¹ with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 0/100 to 41.7 mg kg⁻¹ with 50/50, and 36.6 mg kg⁻¹ with the 100/0 ratio. The concentration of P did not vary between the genotypes and increased with the presence of NH_4^+ in the nutrient solution, from 7.58 mg g⁻¹ with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 0/100, to 5.58 mg g⁻¹ with 25/75 and 6.15 mg g⁻¹ with the 25/75 ratio (Table 4, Figure 3).

The K concentration decreased from 36.7 and 35.5 mg g⁻¹ with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios of 0/100 and 25/75, to 17.5 mg g⁻¹ with the 100/0 ratio in the genotype V_1 and values slightly higher in the genotype V_2 ; that of Ca, from 8.8 mg g⁻¹ with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 0/100, to 4.0 mg g⁻¹ with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 0/100 and 3.5 mg g⁻¹ with the 25/75 to 100/0 ratios for the genotype V_1 ; with values higher than 2.5 mg g⁻¹ for the genotype V_2 , and for Mg, from 10.1 mg g⁻¹ with the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 0/100, to 6.5 mg g⁻¹ with the ratio of 25/75 and 5.5 mg g⁻¹ with the ratio of 100/0 for the genotype V_1 and 2.6 mg g⁻¹ for the genotype V_2 (Table 4, Figure 3).

The higher content of N and P and lower of K, Ca and Mg, due to the presence of NH_4^+ , was observed in other species (Helali *et al.*, 2010, Roosta y Schjoerring, 2007). The concentrations of N, P and K were higher than in the purslane cultivated in different conditions to those of our study; the

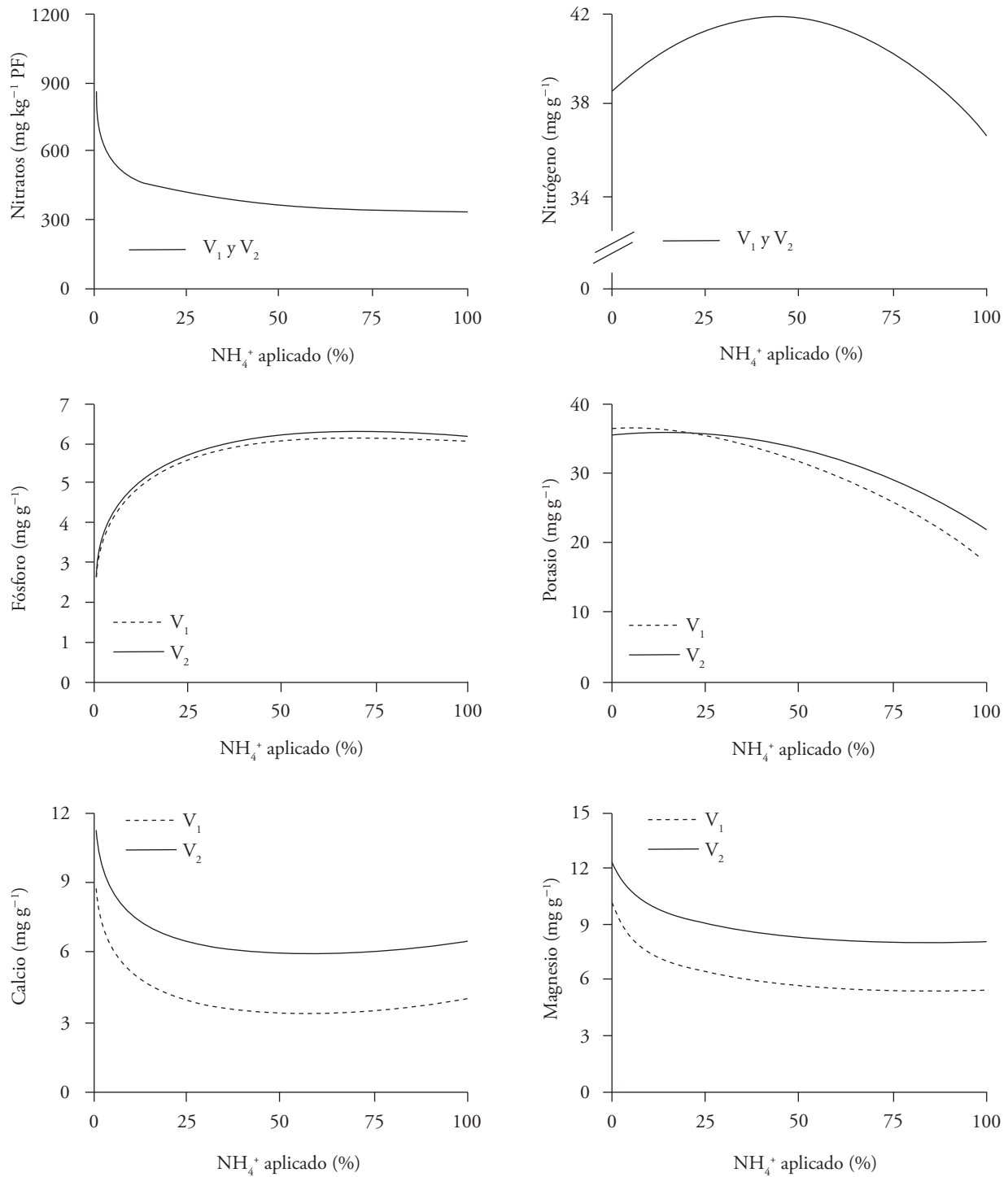


Figura 3. Concentración de nitratos y nutrimental en la la biomasa del vástago de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en función de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

Figure 3. Nitrate and nutritional concentration in shoot biomass of purslane (*Portulaca oleracea* L.), corresponding to $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio.

relaciones de 25/75 a 100/0, para el genotipo V_1 ; con valores mayores de 2.5 mg g^{-1} , para el genotipo V_2 , y para Mg, de 10.1 mg g^{-1} con la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 0/100, a 6.5 mg g^{-1} con la relación de 25/75 y 5.5 mg g^{-1} con la relación de 100/0, para el genotipo V_1 y 2.6 mg g^{-1} para el genotipo V_2 (Cuadro 4, Figura 3).

El contenido mayor de N y P y menor de K, Ca y Mg por la presencia de NH_4^+ se observó en otras especies (Helali *et al.*, 2010; Roosta y Schjoerring, 2007). Las concentraciones de N, P y K fueron mayores que en verdolaga cultivada en diferentes condiciones a las de nuestro estudio; las de Ca fueron similares y las concentraciones de Mg fueron menores (Graifenberg *et al.*, 2003; Kiliç *et al.*, 2008; Kaymark, 2013; Viana *et al.*, 2015; Montoya *et al.*, 2018a).

CONCLUSIONES

La relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 25/75 propició la altura mayor de plantas en ambos genotipos y número mayor de hojas en el genotipo V_2 , y la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 0/100 generó número mayor de ramas en ambos genotipos y de hojas en el V_1 . El genotipo V_2 presentó altura y número de hojas y ramas mayor que el genotipo V_1 . La relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en la solución no modificó el diámetro de tallo. La presencia de NH_4^+ en la solución disminuyó la biomasa fresca y seca del vástago y el contenido de agua en ambos genotipos, incrementó la concentración de P y N en el vástago y disminuyó la concentración de NO_3^- , Ca y Mg, y en menor cantidad la de K. La concentración de Ca y Mg fue mayor en V_2 que en V_1 .

LITERATURA CITADA

- Alcántar G., G., y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación especial 10. Chapingo, México. 156 p.
- Cataldo, D. A., M. Haroon, L. E. Schrader, and V. L. Youngs. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 6: 71-80.
- EFSA, European Food Safety Authority. 2008. Nitrate in vegetables. Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. *EFSA J.* 689:1-79.
- Egea-Gilabert, C., V. Ruiz-Hernández, and P. Angeles. 2014. Characterization of purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions: suitability as ready-to-eat product. *Sci. Hort.* 172: 73-81.
- Falovo, C., G. Colla, M. Schreiner, A. Krumbein, and D. Schwarz. 2009. Effect of nitrogen form and radiation on concentrations of Ca were similar and those of Mg were lower (Graifenberg *et al.*, 2003; Kiliç *et al.*, 2008; Kaymark, 2013; Viana *et al.*, 2015; Montoya *et al.*, 2018a).
- Fontana, E., J. Hoeberechts, S. Nicola, V. Cros, G. B. Palmegiano, and P. G. Peiretti. 2006. Nitrogen concentration and nitrate/ammonium ratio affect yield and change the oxalic acid concentration and fatty acid profile of purslane (*Portulaca oleracea* L.) grown in a soilless culture system. *J. Sci. Food Agric.* 86: 2417-2424.
- Graifenberg, A., L. Botrini, L. Giustiniani, F. Filippi, and M. Curadi. 2003. Tomato growing in saline conditions with biodesalinating plants: *Salsola soda* L., and *Portulaca oleracea* L. *Acta Hort.* 609: 301-305.
- Guo, S., H. Brück, and B. Sattelmacher. 2002. Effects of supplied nitrogen form on growth and water uptake of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. *Plant Soil* 239: 267-275.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers, an Introduction to Nutrient Management. 7th ed. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 515 p.
- Hawkesford, M., W. Horst, T. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, I. Skrumsager Møller, and P. White. 2012. Functions of macronutrients. In: Marschner, P. (ed). Mineral Nutrition of Higher Plants; 3rd edn. Elsevier Ltd. pp: 135-189.
- Helali, S. M. R., H. Nebli, R. Kaddour, H. Mahmoudi, M. Lachaâl, and Z. Ouerghi. 2010. Influence of nitrate ammonium

CONCLUSIONS

The $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 25/75 resulted in higher plant height in both genotypes and higher number of leaves in genotype V_2 , and the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 0/100 generated higher number of branches in both genotypes and number of leaves in V_1 . The genotype V_2 presented greater height and higher number of leaves and branches than genotype V_1 . The $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio in the solution did not modify the stem diameter. The presence of NH_4^+ in the solution decreased the fresh and dry biomass of the shoot, and the water content in both genotypes increased the concentration of P and N in the shoot, the concentration of NO_3^- , Ca and Mg decreased, and in a smaller amount, the concentration of K. The concentration of Ca and Mg was higher in V_2 than in V_1 .

—End of the English version—

-----*-----

- ratio on growth and nutrition of *Arabidopsis thaliana*. Plant Soil 336: 65-74.
- Karkanis, A. C., and S. A. Petropoulos. 2017. Physiological and growth responses of several genotypes of common purslane (*Portulaca oleracea* L.) under Mediterranean Semi-arid conditions. Not. Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 45: 69-575.
- Kaşkar, C., J. A. Fernandez, J. Ochoa, and Y. Tüzel. 2009. Agromonic behavior and oxalate and nitrate content of different purslane cultivars (*Portulaca oleracea*) grown in a hydroponic floating system. Acta Hort. 807: 521-526.
- Kaymak, H. C. 2013. Effect of nitrogen forms on growth, yield and nitrate accumulation of cultivated purslane (*Portulaca oleracea* L.). Bulg. J. Agric. Sci. 19: 444-449.
- Kiliç, C. C., Y. S. Kukul, and D. Anaç. 2008. Performance of purslane (*Portulaca oleracea* L.) as a salt-removing crop. Agric. Water Manag. 95: 854-858.
- Kotsiras, A., C. M. Olympios, J. Drosopoulos, and H. C. Passam. 2002. Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits. Sci. Hortic. 95: 175-183.
- Liu, G., Q. Du, and J. Li. 2017. Interactive effects of nitrate-ammonium ratios and temperatures on growth, photosynthesis, and nitrogen metabolism of tomato seedlings. Sci. Hortic. 214: 41-50.
- López-Ríos, G. 1996. Domesticación de la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) y semidomesticación del romerillo (*Suaeda diffusa* Wats.) en el sistema agrícola de chinampas de San Gregorio Atlapulco, Xochimilco, D.F. Rev. Geograf. Agríc. 22-23: 103-112.
- McClung de Tapia E., D. Martínez Y., E. Ibarra M., and C. C. Adriano M. 2014. Los orígenes prehispánicos de una tradición alimentaria en la Cuenca de México. An. Antrop. 48: 97-121.
- Montoya-García, C. O., V. Volke-Haller, A. Trinidad-Santos, C. Villanueva-Verduzco, y J. Sánchez-Escudero. 2017. Respuesta de la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) a la fertilización con NPK. Rev. Fitotec. Mex. 40: 325-332.
- Montoya-García, C. O., V. Volke-Haller, A. Trinidad-Santos, and C. Villanueva-Verduzco. 2018a. Concentración nutricional de la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) en respuesta a la fertilización con NPK. Agrociencia 52: 241-254.
- Montoya-García, C. O., V. Volke-Haller, A. Trinidad-Santos, and C. Villanueva-Verduzco. 2018b. Change in the contents of fatty acids and antioxidant capacity of purslane in relation to fertilization. Sci. Hort. 234: 152-159.
- Palaniswamy, U., R. Mcavoy, and B. Bible. 2000. Omega-3-fatty acid concentration in *Portulaca oleracea* is altered by nitrogen source in hydroponic solution. J. Am. Soc. Hort. Sci. 125: 190-194.
- Palaniswamy, U. R., B. B. Bible, and R. J. McAvoy. 2004. Oxalic acid concentrations in Purslane (*Portulaca oleracea* L.) is altered by the stage of harvest and the nitrate to ammonium ratios in hydroponics. Sci. Hort. 102: 267-275.
- Petropoulos, S., A. Karkanis, A. Fernandes, L. Barros, I. C. F. R. Ferreira, G. Ntasi, K. Petrotos, C. Lykas, and E. Khah. 2015. Chemical composition and yield of six genotypes of common purslane (*Portulaca oleracea* L.): An alternative source of omega-3 fatty acids. Plant Foods Hum. Nut. 70: 420-426.
- Petropoulos, S., A. Karkanis, N. Martins, and I. C. Ferreira. 2016. Phytochemical composition and bioactive compounds of common purslane (*Portulaca oleracea* L.) as affected by crop management practices. Trends Food Sci. Technol. 55: 1-10.
- Roosta, H. R., and J. K. Schjoerring. 2007. Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber plants. J. Plant Nutr. 30: 1933-1951.
- Santamaria, P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. J. Sci. Food Agric. 86: 10-17.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA. Ciudad de México. <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> (Consulta: octubre 2018).
- Siriamornpun, S., and M. Suttajit. 2010. Microchemical components and antioxidant activity of different morphological parts of Thai wild purslane (*Portulaca oleracea*). Weed Sci. 58: 182-188.
- Sonneveld, C. 2002. Composition of nutrient solutions. In: Savvas, D., and H. C. Passam. (eds). Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals. Embryo Publications, Athens, Greece. pp: 179-210.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: Sixth International Congress on Soilless Culture. ISOSC Proceeding. The Netherlands. pp: 633-649.
- Szalai, G., N. Dai, A. Danin, N. Dudai, and O. Barazani. 2010. Effect of nitrogen source in the fertilizing solution on nutritional quality of three members of the *Portulaca oleracea* aggregate. J. Sci. Food Agric. 90: 2039-2045.
- Tabatabaei, S. J., L. S. Fatemi, and E. Fallahi. 2006. Effect of ammonium: nitrate ratio on yield, calcium concentration, and photosynthesis rate in strawberry. J. Plant Nutr. 29: 1273-1285.
- Tabatabaei, S. J., M. Yusefi, and J. Hajiloo. 2008. Effect of shading and $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ratio on the yield, quality and N metabolism in strawberry. Sci. Hort. 116: 264-272.
- Urlić, B., M. J. Špika, C. Becker, H. P. Kläring, A. Krumbein, S. G. Ban, and D. Schwarz. 2017. Effect of NO_3^- and NH_4^+ concentrations in nutrient solution on yield and nitrate concentration in seasonally grown leaf lettuce. Acta Agric. Scand. 67: 748-757.
- Viana, M., L. A. Carlos, E. C. Silva, S. M. Pereira, D. B. Oliveira, and M. L. Assis. 2015. Phytochemical composition and antioxidant potential of unconventional vegetables. Hortic. Bras. 33: 504-509.
- Volke, V. H. 2008. Estimación de funciones de respuesta para información de tipo no experimental, mediante regresión. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México, 113 p.

