

## Régimen nutrimental en chilhuacle I: ciclo otoño-invierno

Evelia Fajardo-Rebollar  
Oscar Gabriel Villegas-Torres<sup>§</sup>  
Héctor Sotelo-Nava  
María Andrade-Rodríguez  
Francisco Perdomo-Roldán

Universidad Autónoma del Estado de Morelos-Facultad de Ciencias Agropecuarias. Av. Universidad núm. 1001, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62209. (fajardorebollar@gmail.com; hector.sotelo@uaem.mx; maria.andrade@uaem.mx; fperdomor@gmail.com).

Autor para correspondencia: voscar66@yahoo.com.mx.

### Resumen

Debido a los escasos de información sobre la nutrición del chilhuacle, el objetivo de la investigación fue evaluar el crecimiento, rendimiento y calidad física de frutos de chilhuacle en respuesta al régimen nutrimental en el ciclo otoño-invierno. Se suministraron ocho regímenes nutrimentales considerando las etapas fenológicas de la especie: vegetativa, reproductiva y fructificación. El diseño experimental fue completamente al azar, con cinco repeticiones y una planta por unidad experimental, la cual fue un contenedor de polietileno negro con capacidad de 15 L con tezontle rojo como sustrato. La distancia entre plantas fue de 50 cm en arreglo topológico 'tres bolillo'. Las soluciones nutritivas se suministraron mediante sistema de riego por goteo. Los resultados indicaron que en el ciclo otoño-invierno, con periodo de 168 días (temperatura promedio de 20.2 °C) considerado del trasplante a la última cosecha, el régimen nutrimental que consistió en suministrar 14 mEq L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la etapa vegetativa (duración 21 días), 10:0.75:9.25 mEq L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en la reproductiva (31 días) y 12:7 mEq L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:K<sup>+</sup> en la de fructificación (116 días) se incrementó significativamente el área foliar, materia seca de tallo, de hoja, de fruto, de la planta completa, el número de frutos por planta y el rendimiento de materia fresca y seca de frutos por planta, en tanto que el porcentaje de frutos grandes (> 4 g) fue de 63.64 % y de medianos (2 a 3.9 g) de 36.36%.

**Palabras clave:** ciclo de cultivo, etapas fenológicas, fenología.

Recibido: febrero de 2022

Aceptado: mayo de 2022

## Introducción

El chilhuacle es uno de los chiles secos más antiguos de Oaxaca (López *et al.*, 2016) y es el ingrediente principal para elaborar el mole negro oaxaqueño (García-Gaytán *et al.*, 2017; Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2021). En años recientes, esta variedad se ha posicionado a nivel comercial como uno de los chiles secos de mayor valor económico en mercados regionales y nacionales. Su precio elevado se debe a la carencia de cultivares mejorados, alta susceptibilidad a plagas y enfermedades, desconocimiento de los requerimientos nutrimentales, rendimiento bajo y altos costos de producción (López *et al.*, 2016; García-Gaytán *et al.*, 2017). En cuanto a la nutrición, es relevante satisfacer la demanda nutrimental del chilhuacle con la finalidad de obtener rendimiento elevado y la calidad de los frutos que demanda el mercado.

De esta manera, el régimen nutrimental pretende proporcionar los nutrimentos esenciales en la cantidad suficiente y en la forma iónica absorbida por las plantas con el propósito de cubrir los requerimientos por etapa fenológica (Valentín-Miguel *et al.*, 2013; Nieves-Gonzales *et al.*, 2015; Siles, 2019), e incrementar el potencial productivo, la calidad de frutos (Valentín-Miguel *et al.*, 2013) y el desarrollo apropiado desde la plántula hasta el llenado de frutos (Sieiro *et al.*, 2020), además de reducir la susceptibilidad a plagas, enfermedades y deficiencias. Por medio de las soluciones nutritivas se puede manipular el aporte tanto de macro como de micronutrimentos (Steiner, 1984).

Con relación a los primeros, Nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) son los de mayor demanda por la planta. El N es requerido en altas cantidades durante las primeras etapas de crecimiento; si no se satisface la demanda la planta manifiesta hojas cloróticas y enanismo lo cual afecta el rendimiento (Eguez *et al.*, 2022). El P es constituyente de la adenosina trifosfato (ATP) (Siles, 2019) formador de ácidos nucleicos y transferencia de información genética (Díaz-Durán *et al.*, 2022). los síntomas por deficiencia es una coloración morada púrpura en tallos y nervaduras de las hojas (Eguez *et al.*, 2022). El K es un elemento de la calidad de los frutos; la deficiencia se manifiesta por la tendencia de la planta a marchitarse en días secos y soleados, entrenudos cortos y caída de hojas (Eguez *et al.*, 2022).

El calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) son elementos requerimientos en menor cantidad que el N, P y K; sin embargo, tienen funciones importantes en las plantas. El Ca es el segundo mensajero en la transducción de señales; la carencia se presenta como pudrición apical (Sun *et al.*, 2010), el Mg es constituyente de la clorofila, por lo cual está relacionado con la producción de carbohidratos (Pinilla *et al.*, 2011), en insuficiencia aparecen hojas cloróticas en el tercio medio de la hoja.

El S en forma de  $\text{SO}_4^{2-}$  estimula el crecimiento, incrementa la calidad y uniformidad de los frutos, favoreciendo la resistencia al frío, tolerancia a sequía y sales (Nazar *et al.*, 2011), la deficiencia provoca que las hojas jóvenes se tornen amarillas y en pimiento se reduzca el crecimiento (Silva *et al.*, 2017). La respuesta de las plantas al suministro de nutrientes durante el ciclo de producción es modificada por el ambiente en el cual crecen, por tal motivo, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de diferentes regímenes nutrimentales sobre el rendimiento y calidad de los frutos de chilhuacle, cultivado en el ciclo otoño-invierno.

## Materiales y métodos

### Ubicación del experimento

El experimento se realizó en un invernadero de cubierta plástica de polietileno en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (18° 50' 51" latitud oeste, 1 868 msnm) en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México, durante los meses septiembre de 2019 a febrero de 2020.

### Material vegetal

Se utilizaron semillas de chilhuacle negro obtenidas de frutos provenientes de San Juan Bautista Cuicatlán, Oaxaca. El fruto es una baya de forma trapezoidal de color verde intenso en estado inmaduro, café brillante con exocarpio blando y suave en estado maduro y negro en completa deshidratación (García-Gaytán *et al.*, 2017), el tamaño promedio es 6 cm de largo por 5.2 cm de ancho, peso promedio en fresco de 40 g y en seco de 5.6 g, el rendimiento promedio por planta es de 1 400 g de materia fresca y 250 a 434 g de materia seca (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020). A cielo abierto, el chilhuacle crece a 1.45 m (López y Pérez, 2015) y en invernadero presenta una altura promedio de 1.78 m (López *et al.*, 2016).

### Regímenes nutrimentales en el experimento

Se diseñaron ocho regímenes nutrimentales para nutrir al chilhuacle utilizando la Solución Nutritiva Universal de Steiner (SNU) (1984) como testigo y base para realizar las modificaciones de aniones y cationes en las tres etapas fenológicas de la especie. La etapa vegetativa duró 21 días desde el trasplante hasta que 50% de las plantas presentaron el primer botón floral ( $5 \pm 1$  mm) se consideraron dos concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  en  $12 \text{ mEq L}^{-1}$  (testigo) y  $14 \text{ mEq L}^{-1}$  (SNU modificada) (Cuadro 1). La etapa reproductiva, con duración de 31 días desde que el 50% de las plantas presentaron el primer botón floral hasta que 50% tuvieron el primer fruto ( $10 \pm 1$  mm de longitud) se emplearon los regímenes 12:1:7 (testigo) y 10:0.75:9.25  $\text{mEq L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ : $\text{SO}_4^{2-}$ .

**Cuadro 1. Suministro de diferentes soluciones nutritivas evaluadas durante las distintas etapas fenológicas del chilhuacle (*Capsicum annum* L).**

Régimen nutrimental	Etapa vegetativa	Etapa reproductiva	Etapa fructificación
	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_3^-$ : $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ : $\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$ : $\text{K}^+$
	$\text{mEq L}^{-1}$		
R1*	12	12:1:7	12:7
R2	12	12:1:7	14:9
R3	12	10:0.75:9.25	12:7
R4	12	10:0.75:9.25	14:9
R5	14	12:1:7	12:7
R6	14	12:1:7	14:9
R7	14	10:0.75:9.25	12:7
R8	14	10:0.75:9.25	14:9

\*Testigo= régimen nutrimental con base en la solución nutritiva universal de Steiner (1984).

La etapa de fructificación inició con la presencia del primer fruto ( $10 \pm 1$  mm de longitud) en el 50% de las plantas hasta la última cosecha, se modificaron las relaciones  $\text{NO}_3^- : \text{K}^+$  en 12:7 (testigo) y 14:7  $\text{mEq L}^{-1}$  (Cuadro 1). Las soluciones nutritivas se suministraron en diferente concentración de acuerdo con la etapa fenológica, considerando los valores que aparecen en el Cuadro 1 como el 100%: vegetativa, 80%; reproductiva, 90%; en fructificación hasta el despunte de la planta, 90%; desde despunte hasta la madurez fisiológica del último fruto, 70%; posteriormente al 50% hasta la cosecha del último fruto.

En cada régimen se aportaron ( $\text{mg L}^{-1}$ ) los micronutrientes siguientes: Fe (Fe-EDTA), 7;  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , 2.88;  $\text{MnCl}_2$ , 1.81;  $\text{ZnSO}_4$ , 0.22;  $\text{CuSO}_4$ , 0.18;  $\text{H}_2\text{MoO}_4$ , 0.02. Se consideraron los iones presentes en el agua y antes de agregar los fertilizantes se ajustó el pH a 5.5 con ácido sulfúrico. Se realizaron 11 riegos al día (8:00 am a 18:00 pm), 1 min durante 21 días (etapa vegetativa), 2 min al inicio de la etapa reproductiva (31 días) y 3 a 4 min en la etapa de fructificación (116 días). Se consideró la temperatura y humedad relativa para estimar el tiempo de riego.

### Manejo del experimento

El manejo del cultivo consistió en eliminar los brotes axilares realizando una poda tipo holandesa con cuatro tallos secundarios a partir de la primera bifurcación, también se eliminaron las flores de las primeras dos bifurcaciones para propiciar tallos vigorosos, mantener el desarrollo vegetativo, reducir el aborto de flor y aumentar el amarre de frutos del tercer al quinto entrenudo. La planta se despuntó por arriba del décimo entrenudo con el propósito de detener el crecimiento longitudinal. La polinización se realizó durante la floración-fructificación de forma manual mediante vibraciones mecánicas de las plantas a través de los tutores.

### Diseño experimental y variables respuesta

El diseño experimental fue completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue un contenedor de polietileno negro con capacidad de 15.14 L, tezontle rojo como sustrato con granulometría  $\leq 1$  cm de diámetro, con una planta. Los datos obtenidos se sometieron al análisis de varianza y a las variables que presentaron efecto de tratamientos se les realizó la prueba de comparación múltiple de medias LSD ( $p \leq 0.05$ ); en ambos casos se utilizó el programa SAS (Versión 9.0). Se midió la altura de planta con un flexómetro, desde la base del tallo hasta el ápice del tallo más largo; el contenido relativo de clorofila se midió con un SPAD-502 (Konica Minolta<sup>®</sup>) considerando la quinta hoja después del ápice de cada tallo.

El área foliar fue cuantificada con un integrador de área foliar (Li-Cor, LI3100C<sup>®</sup>), el diámetro de tallo principal se midió a 2 cm del cuello de la planta por encima del sustrato, medido con un vernier de caratula digital (Stainless Hardened<sup>®</sup>). La longitud de raíz fue medida con un flexómetro desde el cuello de la planta hasta la raíz más larga. El volumen de raíz se determinó mediante la técnica de desplazamiento de agua con el uso de una probeta graduada de 2 L; se introdujo la raíz en un volumen conocido de agua y el incremento correspondió al del órgano. La materia seca de raíz, tallo, hoja, fruto y total se obtuvo al deshidratar cada uno de los órganos en una estufa de circulación forzada (Luzeren, DGH9070A<sup>®</sup>) a una temperatura de 70 °C hasta que el peso de la materia seca se mantuvo estable.

Las variables de fruto se obtuvieron conforme se fueron cosechando en estado maduro: longitud y diámetro ecuatorial fue medido con un vernier digital desde el pedúnculo hasta el ápice del fruto al igual que la parte media del fruto. El peso de materia fresca y seca de fruto se pesaron con una báscula digital (Ohaus Corporation USA CS 2000<sup>®</sup>), número de frutos como resultado del total de frutos producidos por planta, rendimiento de frutos en peso fresco y seco obtenido por la suma total de los frutos producidos por planta.

Los datos fueron sometidos a una prueba de normalidad y homogeneidad de varianza. Las variables: número de frutos por planta, frutos grandes y medianos fueron sometidos a una prueba de bondad y ajuste. Las variables muestran los datos originales, la separación de medias se utilizó la transformación con la raíz cuadrada para frutos grandes (> 4 g) y con el logaritmo para número de frutos/planta y para frutos medianos (2 a 3.9 g).

## Resultados y discusión

El ciclo del chilhuacle desde el trasplante hasta la cosecha del último fruto fue de 168 días, con una temperatura promedio de 20.2 °C, humedad relativa promedio de 73.83% e intensidad luminosa promedio de 2 252.1 lux. Si se considera la duración de la fase de almácigo, que también pertenece a la etapa vegetativa (44 días), la duración completa del cultivo fue de 212 días. López-López y Pérez-Bennetts (2015) reportaron para chilhuacle, 35 a 45 días de almácigo, 90 días de crecimiento-desarrollo y 60 días de cosecha, para tener un ciclo de 185 a 195 días a cielo abierto.

La temperatura promedio ideal para cultivar el chilhuacle es de 28 °C para que sucedan favorablemente las etapas fenológicas. Mármol (2010) una temperatura  $\pm 20$  °C, provoca un retraso en la floración, fructificación y anomalías en los frutos. En relación con variables morfológicas de las plantas de chilhuacle, los diferentes regímenes suministrados tuvieron efecto estadísticamente similar ( $p \leq 0.05$ ) en la concentración relativa de clorofila, diámetro de tallo y el volumen de raíz (Cuadro 2), los valores promedio fueron 75.87 unidades SPAD, 16.97 mm y 97.75 cm<sup>3</sup>, respectivamente. Respecto al diámetro de tallo, en los *Capsicum* representa la capacidad de la planta para soportar el peso de ramas, flores y frutos, así como disminuir el riesgo por quiebre de la parte aérea.

En pimiento, la velocidad de crecimiento sucede en 6 cm por unidad de tiempo empleando soluciones nutritivas completas que en soluciones con -N y -K que retrasan el diámetro de tallo, área foliar y número de hojas (Eguez *et al.*, 2022). El chilhuacle es posible que los tallos presenten la misma resistencia mecánica independientemente del régimen nutricional debido al porcentaje estadísticamente similar ( $p \leq 0.05$ ) de materia seca destinada a este órgano.

El régimen nutricional (R7) con 14 mEq L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 10:0.75:9.25 mEq L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y 12:7 mEq L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:K<sup>+</sup> en la etapa vegetativa, reproductiva y fructificación, respectivamente, incrementó 110.35% el área foliar en relación con las de las plantas que recibieron un régimen (R6) con 14, 12:1:7 mEq L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y 14:9 mEq L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:K<sup>+</sup> e incluso el régimen testigo (R1: 12, 12:17, 12:7) que presento mayor área foliar. En este sentido, los requerimientos (R7: 10:0.75:9.25 y 12:7 mEq L<sup>-1</sup>) para floración y fructificación con respecto al área foliar son menores para incrementar en dicha variable como la formación de frutos.

Medir el área foliar y la concentración de clorofila puede indicar el estado nutricional de la planta, la intercepción de la radiación solar, intercambio de CO<sub>2</sub>, evapotranspiración y eficiencia fotosintética (Misle *et al.*, 2013). Los regímenes (R7) 14, 10:0.75:9.45, 12:7 y (R6) 14, 12:1:7, 14:9 mEq L<sup>-1</sup> fueron estadísticamente similares ( $p \leq 0.05$ ) en el contenido relativo de clorofila, sin embargo, el área foliar fue completamente diferente, al igual que la altura de la planta y no se manifestaron diferencias estadísticas en longitud de raíz. Estos datos sugieren diferente capacidad fotosintética, la cual pudo haber sido modificada por la variación de la nutrición en la etapa reproductiva y en la de fructificación (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Efecto de la nutrición en las distintas etapas fenológicas del chilluacle (*Capsicum annuum* L.) sobre variables de crecimiento.**

	Régimen nutrimental mEq L <sup>-1</sup>			CRC (SPAD)	Área foliar (cm <sup>3</sup> )	Altura planta (cm)	Diámetro tallo (mm)	Longitud raíz (cm)	Volumen raíz (cm <sup>3</sup> )
	Etapas vegetativa NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Etapas reproductiva NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> : SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	etapas fructificación NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :K <sup>+</sup>						
R1	12*	12:1:7*	12:7*	78.34 a	5553 abc	140.8 abc	16.22 a	32.64 ab	88 a
R2	12	12:1:7	14:9	76.02 a	5852 abc	138.78 abc	15.94 a	28.66 b	94 a
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	77.46 a	6381.1 ab	152.18 a	17.36 a	35.92 ab	104 a
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	73.5 a	4968.4 c	131.18 bc	15.7 a	35.04 ab	104 a
R5	14	12:1:7	12:7	76.68 a	5279.3 bc	134 bc	18.56 a	32.58 ab	96 a
R6	14	12:1:7	14:9	74.02 a	3157.9 d	128.82 c	16.12 a	39.58 a	106 a
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	76.1 a	6642.7 a	147.32 ab	18.12 a	32.22 ab	84 a
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	74.9 a	5508.1 abc	128.3 c	17.76 a	31.6 ab	106 a
DMS	-	-	-	5.7	1280.5	18.03	3.18	8.92	43.16
CV (%)	-	-	-	5.83	18.34	10.16	14.54	20.65	34.27

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ( $p \leq 0.05$ ). CRC= contenido relativo de clorofila; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación; \*= testigo.

En altura de planta, el régimen (R3) con 12 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), 10:0.75:9.25 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) y 12:7 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: K<sup>+</sup>) mEq L<sup>-1</sup> indujo plantas 18.62% más altas que los regímenes (R6) 14, 12:1:7, 14:9 y (R8) 14, 10:0.75:9.25, 14:9 que estadísticamente fueron similares (Cuadro 2). El chilluacle presenta una altura promedio de 128.30 a 152.18 cm con despunte a 10 entrenudos, mientras que a 20 entrenudos podría alcanzar valores de hasta  $\pm 170$  cm, esta variación podría ser efecto de las condiciones ambientales y un manejo sin podas donde la planta tiene un libre crecimiento de tallos, hojas, flores y frutos.

En los *Capsicum*, la nutrición afecta de manera particular el diámetro de tallo y el número de hojas (Eguez *et al.*, 2022). Por lo tanto, conocer las etapas fenológicas e identificar el momento ideal de aplicación de las soluciones nutritivas (Valentín-Miguel *et al.*, 2013) permitiría alcanzar el máximo potencial de rendimiento de un cultivo.

Respecto a la producción de materia seca, en raíz fue estadísticamente similar ( $p \leq 0.05$ ) con cualquiera de los regímenes evaluados, con promedio de 16.80 g. En tallo, el régimen (R3) con 12, 10:0.75:9.25, 12:7 y (R7) 14, 10:0.75:9.25, 12:7 mEq L<sup>-1</sup> se obtuvo un valor promedio de 135.5 g,

lo que representó un incremento de 41.45% respecto a las plantas con la menor acumulación de materia seca (Cuadro 3). La materia seca de hoja fue similar en las plantas nutridas con 12, 12:1:7, 14:9 (R2); 12, 10:0.75:0.95, 12:7 (R3); 14, 10:0.75:9.25, 12:7 (R7) y 14, 10:0.75:9.25, 14:9 (R8) mEq L<sup>-1</sup> con promedio de 135.5 g; el aumento fue de 80.91% respecto a las plantas nutridas con el régimen (R6) 14, 12:1:7, 14:9 mEq L<sup>-1</sup>.

**Cuadro 3. Efecto de la nutrición en las distintas etapas fenológicas del chilhuacle (*Capsicum annuum* L.) en la producción de materia seca.**

Régimen nutrimental (mEq L <sup>-1</sup> )				MSR (g)	MST (g)	MSH (g)	MSF (g)	MSTOT (g)
Etapa vegetativa NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Etapa reproductiva NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> :SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Etapa fructificación NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :K <sup>+</sup>						
R1	12*	12:1:7*	12:7	15 a	108.2 ab	45.6 ab	116.6 ab	285.4 abc
R2	12	12:1:7	14:9	13.8 a	95.6 b	53.2 a	110 ab	272.6 abc
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	20.2 a	135.8 a	54.4 a	100.2 ab	310.6 ab
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	17.2 a	96.2 b	35.4 ab	110 ab	258.8 ab
R5	14	12:1:7	12:7	16.2 a	97.4 b	45 ab	86 ab	244.6 bc
R6	14	12:1:7	14:9	18.2 a	94 b	29.6 b	54.6 b	196.4 c
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	15.2 a	135.2 a	54.6 a	145.2 a	350.2 a
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	18.6 a	106.8 ab	52 a	84.2 ab	261.4 abc
DMS	-	-	-	8.58	37.56	19.78	76.02	93.48
CV (%)	-	-	-	39.65	26.83	33.23	58.51	26.62

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ( $p \leq 0.05$ ). MSR= materia seca de raíz; MST= materia seca de tallo; MSH= materia seca de hoja; MSF= materia seca de los frutos por planta; MSTOT= materia seca de la planta completa; DMS= diferencia mínima significativa; CV= Coeficiente de variación; \* = testigo.

Al implementar todos los elementos indispensables en la nutrición, la obtención de materia fresca y seca incrementa de manera equilibrada entre la parte aérea como radicular (Eguez *et al.*, 2022). La falta de N (en raíz) como el K (en hoja) reduce significativamente la producción de materia seca cuando estos elementos son insuficientes. La materia seca de los frutos por planta y la de la planta completa se incrementó 165.93% y 78.3%, respectivamente con el régimen (R8) 14, 10:0.75:9.25, 12:7 mEq L<sup>-1</sup> comparado con (R6) 14, 12:1:7, 14:9 mEq L<sup>-1</sup>.

En ambas variables (R8 yR6) fueron afectados por la variación de la solución nutritiva de la etapa reproductiva y de la de fructificación, puesto que la concentración de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la etapa vegetativa fue de 14 mEq L<sup>-1</sup>. En chile de agua, la producción de materia seca (66.7 g planta<sup>-1</sup>) incrementó conforme el potencial osmótico (0.09 MPa) siendo significativo en el rendimiento como el índice de cosecha (Valentín-Miguel *et al.*, 2013). En hojas como raíces, la acumulación de materia seca se encuentra en mayor concentración de P que con -N y -K (Eguez *et al.*, 2022). El P además de ser formador de la molécula ATP (Siles, 2019), ácidos nucleicos y transferencia de información genética (Díaz-Durán *et al.*, 2022) su concentración de materia seca acumulable en la planta es mayor.

Con relación a la calidad física de los frutos, éstos se analizaron en dos categorías: grandes (> 4 g) y medianos (2 a 3.9 g). En este estudio se evaluaron 884 frutos de chilhuacle, de los cuales 64.03% correspondió a la primera y 35.97% a la segunda. Estudios realizados por Vázquez-Vázquez *et al.* (2011) en Chile jalapeño determinaron que el porcentaje de frutos de primera calidad es del 46.1 al 50.5%, mientras que la de segunda de 43.4 a 46.9%, tercera de 7% y solo de 0.2 a 0.9% de cuarta calidad. En cuanto a frutos grandes de chilhuacle, tuvieron una longitud promedio de 50.35 mm al no presentarse diferencias significativas entre los regímenes nutrimentales, lo mismo sucedió para el diámetro de la base del fruto (42.85 mm), peso promedio de la materia fresca (27.95 g) y seca (5.45 g) del fruto (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Efecto de la nutrición en las distintas etapas fenológicas del chilhuacle (*Capsicum annuum* L.) en la producción de frutos grandes.**

Régimen nutrimental (mEq L <sup>-1</sup> )			LF	DF	PMFF	PMSF	NFP	RMFF	RMSF	
Etapa vegetativa NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Etapa reproductiva NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> :SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Etapa fructificación NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :K <sup>+</sup>	(mm)	(mm)	(g)	(g)		(g)	(g)	
R1	12*	12:1:7*	12:7*	52.46a	42.49a	28.09a	5.49 a	16.2a	449.2ab	89.4ab
R2	12	12:1:7	14:9	47.16a	43.56a	29.86a	5.64	14.4ab	477.8ab	95.2ab
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	46.89a	44.49a	29.19a	5.45a	11.4ab	342.8ab	65.2ab
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	55.95a	42.09a	29.46a	5.76a	16.2a	520ab	98.6ab
R5	14	12:1:7	12:7	53.76a	43.88a	30.51a	5.67a	12.2ab	351.4ab	66.6ab
R6	14	12:1:7	14:9	46.43a	42.43a	29.75a	4.84a	6.6b	197.3b	37.3b
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	53.53a	41.84a	27.81a	5.43a	21a	606.8a	116.4a
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	46.61a	41.84a	24.97a	5.33a	15.2ab	418.2ab	84.6ab
DMS				11.74	5.9	8.51	1.27	0.45	397.41	74.29
CV (%)				18.18	10.7	23.62	18.11	33.8	73.37	70.61

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ( $p \leq 0.05$ ). LF= longitud del fruto; DF= diámetro de la base del fruto; PMFF= peso de la materia fresca del fruto; PMSF= peso de la materia seca del fruto; NFP= número de frutos por planta; RMFF= rendimiento de materia fresca de frutos por planta; RMSF= rendimiento de materia seca de frutos por planta. DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación; \*= testigo.

Los resultados presentan similitud en peso de materia fresca y seca de frutos, indicando la capacidad de la planta para mantenerse en diferentes regímenes nutrimentales; sin embargo, por la afectación en otros componentes del rendimiento (número de frutos/planta, entre otros), es posible proponer modificaciones en el manejo agronómico que repercutan en un mayor rendimiento, con menores recursos. Con relación al número de frutos por planta, el testigo (12, 12:1:7, 12:7 mEq L<sup>-1</sup>) y los regímenes (R4) 12, 10:0.75:9.25, 14:9 y (R7) 14, 10:0.75:9.25, 12:7 mEq L<sup>-1</sup> presentaron 171.71% más que las plantas nutridas con (R6) 14, 12:1:7, 14:9 mEq L<sup>-1</sup> correspondiente a la etapa vegetativa, reproductiva y fructificación.

La relación entre la solución nutritiva (15, 1.25, 8.75 mol de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 11.25, 5 y 8.75 mol de Ca<sup>2+</sup>:Mg<sup>2+</sup>:K<sup>+</sup>) y el potencial osmótico (0.09 MPa) en Chile de agua, incrementó los frutos planta<sup>-1</sup> (100.3) y el rendimiento (2601.5 g·planta<sup>-1</sup>), recomendando 0.036 MPa hasta los 75 ddt,



posteriormente 0.054 MPa para cosechar 2 kg planta<sup>-1</sup> (Valentín-Miguel *et al.*, 2013). Respecto al rendimiento de materia fresca y seca de frutos de chilhuacle, se incrementó en 207.5 y 212.06%, respectivamente, con el régimen (R7) 14 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), 10:0.75:9.25 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) y 12:7 (NO<sub>3</sub>:K<sup>+</sup>) mEq L<sup>-1</sup> en comparación con las plantas que recibieron 14, 12:1:7, 14:9 (R6) mEq L<sup>-1</sup> (Cuadro 4).

De los datos anteriores se deduce que el componente de rendimiento número de frutos planta<sup>-1</sup> es el que más influencia tuvo en el rendimiento de materia fresca y seca de los frutos grandes. Considerando esto conveniente implementar y evaluar prácticas agronómicas encaminadas a incrementar esta variable como puede ser el manipular número de tallos por planta, fertilización foliar con el objetivo de aumentar el amarre y el tamaño de flores y frutos, entre otras.

En la categoría de frutos medianos, el diámetro de la base del fruto, peso de materia fresca y seca fueron estadísticamente similares ( $p \leq 0.05$ ) independiente del régimen nutrimental; los valores promedio fueron 34.46 mm, 15.35 g y 2.36 g. Caso contrario sucedió con la longitud del fruto, número de frutos por planta y el rendimiento de materia fresca y seca de frutos (Cuadro 5). La primera variable se favoreció 50.9% con el régimen (R4) de 12, 10:0.75:9.25, 14:9 mEq L<sup>-1</sup> en comparación con la longitud de fruto de las plantas nutridas con (R3) 12, 10:0.75:9.25, 12:7 mEq L<sup>-1</sup>. En chilhuacle, los requerimientos de P (0.75 mEq L<sup>-1</sup>) fueron menores durante el transcurso de las etapas fenológicas.

**Cuadro 5. Efecto de la nutrición en las distintas etapas fenológicas del chilhuacle (*Capsicum annum* L.) en la producción de frutos medianos.**

Régimen nutrimental (mEq L <sup>-1</sup> )				LF (mm)	DF (mm)	PMFF (g)	PMSF (g)	NFP	RMFF (g)	RMSF (g)
Etapas vegetativa	Etapas reproductiva	Etapas fructificación	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>							
R1	12*	12:1:7*	12:7*	42.58ab	33.83a	16.14a	2.36a	11.2ab	172ab	26ab
R2	12	12:1:7	14:9	32.37bc	33.33a	13.94a	2.34a	6.8ab	89.6ab	15.8ab
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	30c	37.14a	14.2a	2.32a	9.4ab	119.2ab	20.6ab
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	45.32a	31.49a	16.86a	2.2a	4.2b	66.6b	9.6b
R5	14	12:1:7	12:7	40.92abc	35.16a	15.78a	2.4a	6ab	88.4ab	13.4ab
R6	14	12:1:7	14:9	38.35abc	35.46a	15.86a	2.36a	9.2ab	123.2ab	19ab
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	42.94ab	33.63a	15.48a	2.44a	11.8a	184.4a	28.8a
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	41.59abc	35.67a	14.48a	2.43a	5b	72.4ab	11.5ab
DMS	-	-	-	11.69	6.91	4.32	0.39	1.23	116.74	17.65
CV (%)	-	-	-	23.12	15.57	21.84	12.88	36.4	79.16	75.93

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ( $p \leq 0.05$ ). LF= longitud del fruto; DF= diámetro de la base del fruto; PMFF= peso de la materia fresca del fruto; PMSF= peso de la materia seca del fruto; NFP= número de frutos por planta; RMFF= rendimiento de materia fresca de frutos por planta; RMSF= rendimiento de materia seca de frutos por planta; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación; \* = testigo.

En Chile habanero *var* Big Brother, los requerimientos óptimos de P fueron con 1.5 mEq L<sup>-1</sup>; sin embargo, la acumulación de P se concentra en mayor proporción en raíces afectando principalmente la producción de frutos (Nieves-González *et al.*, 2015). El número de frutos se incrementó 156.52%, el rendimiento de materia fresca de frutos 176.87% y el rendimiento de materia seca de frutos 200% con el régimen (R7) 14 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), 10:0.75:9.25 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) y 12:7 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: K<sup>+</sup>) mEq L<sup>-1</sup> en relación con las plantas que recibieron (R4) 12, 10:0.75:9.25, 14:9 mEq L<sup>-1</sup>. Vázquez-Vázquez *et al.* (2011) reportó similar porcentaje de frutos de primera como de segunda calidad, independientemente de la fertilización.

En chilhuacle, la adición de amonio en 3 mEq L<sup>-1</sup> en las SN, el rendimiento incrementó en 54.1% en el cultivar negro (434.34 g planta<sup>-1</sup>) que en rojo (274.14 g planta<sup>-1</sup>) (Urbina-Sánchez *et al.*, 2020). El Chile de agua requiere altas cantidades de K (hasta los 90 días), posteriormente de N (próximos 150 días) y en menor cantidad el P (Valentín-Miguel *et al.*, 2013). En este sentido, los *Capsicum* requieren mayor de N y K en las primeras etapas del cultivo, mientras que el P, K y Mg incrementa conforme inicia la floración y fructificación.

La respuesta diferente de la planta a la nutrición puede estar relacionada con el régimen, la especie y las variables ambientales de la región como la temperatura, ya que puede aumentar o disminuir la calidad y rendimiento de un cultivo. En pimiento, una temperatura diurna <18 °C produce frutos partenocárpicos, mientras que <10 °C reduce su crecimiento, provocando un exceso de frutos pequeños, mal cuajados, mala calidad, puntiagudos, sin semilla y deformes como tipo ‘galletas o bolas’ (Mármol, 2010). El presente experimento, la temperatura promedio durante la etapa de fructificación (116 d) fue 18.27 °C, es posible que esta condición ambiental sea parte de la explicación de la presencia de frutos pequeños (< 2 g de materia seca) deformes en forma de “alas”.

En relación con la producción porcentual de frutos grandes (> 4 g) y medianos (2 a 3.9 g), los regímenes con 12, 10:0.75:9.25, 14:9 (R4); 14, 12:1:7, 12:7 (R5); 14, 10:0.75:9.25, 12:7 (R7) y 14, 10:0.75:9.25, 14:9 (R8) (mEq L<sup>-1</sup>) indujeron que las plantas presentaran en promedio 71.6% de frutos grandes y 28.4% de frutos medianos. Caso contrario sucedió en las plantas nutridas con 14, 12:1:7, 14:9 mEq L<sup>-1</sup> (R6) quienes tuvieron 35.8% de frutos grandes y 64.11% de frutos medianos (Cuadro 6). Los datos anteriores indican que es importante la concentración de fósforo en la etapa reproductiva y la de potasio en la de fructificación; sin embargo, la relación con otros aniones afecta la respuesta final, en este caso, el peso de la materia seca de los frutos.

**Cuadro 6. Efecto de la nutrición en las distintas etapas fenológicas del chilhuacle (*Capsicum annuum* L.) en el porcentaje de frutos grandes y medianos.**

	Régimen nutrimental (mEq L <sup>-1</sup> )			Frutos grandes (%)	Frutos medianos (%)
	Etapa vegetativa	Etapa reproductiva	Etapa fructificación		
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> :SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :K <sup>+</sup>		
R1	12*	12:1:7*	12:7*	59.88 ab	40.12 ab
R2	12	12:1:7	14:9	53.23 ab	43.77 ab
R3	12	10:0.75:9.25	12:7	53.69 ab	46.31 ab
R4	12	10:0.75:9.25	14:9	77.7 a	22.3 b
R5	14	12:1:7	12:7	68.66 a	31.34 ab

	Régimen nutrimental (mEq L <sup>-1</sup> )			Frutos grandes (%)	Frutos medianos (%)
	Etapa vegetativa NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Etapa reproductiva NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> :SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Etapa fructificación NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :K <sup>+</sup>		
R6	14	12:1:7	14:9	35.89 b	64.11 a
R7	14	10:0.75:9.25	12:7	63.64 a	36.36 ab
R8	14	10:0.75:9.25	14:9	76.4 a	23.6 b
DMS	-	-	-	1.81	0.39
CV (%)	-	-	-	10.57	20.63

Medias con la misma literal en columna son iguales estadísticamente de acuerdo con la prueba LSD ( $p \leq 0.05$ ). DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación; frutos grandes= peso de materia seca mayor a 4 g; frutos medianos= peso de materia seca 2 a 3.9 g; \* = testigo.

En los mercados regionales de Oaxaca, el chilhuacle se comercializa como frutos grandes y medianos. Los frutos grandes son considerados de primera calidad, mientras que los medianos, de segunda. El chilhuacle no está considerado en la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-107/1-SCFI-2014 (SEGOB, 2014) para producción de chiles secos como el cascabel, ancho, mulato y pasilla, en donde los estándares de calidad predominan el tamaño (longitud), color, apariencia, picor, peso y sanidad, por lo que representa una oportunidad para generar los parámetros de calidad para el chilhuacle.

## Conclusiones

La nutrición del chilhuacle mediante un régimen basado en solución específica para la etapa vegetativa, reproductiva y fructificación beneficiaron variables de crecimiento y componentes de rendimiento como materia fresca y seca de fruto. En el ciclo otoño-invierno, la nutrición del chilhuacle con el régimen 14 mEq L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la etapa vegetativa, 10:0.75:9.25 mEq L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>:SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en la reproductiva y 12:7 mEq L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:K<sup>+</sup> en la de fructificación, se incrementó significativamente el área foliar, materia seca de tallo, de hoja, de fruto, de la planta completa, el número de frutos por planta y el rendimiento de materia fresca y seca de frutos por planta, en tanto que el porcentaje de frutos grandes (> 4 g) fue de 63.64% y de medianos (2 a 3.9 g) de 36.36%.

## Recomendaciones

Se propone seguir realizando estudios para determinar los factores que influyen en la calidad de los frutos de chilhuacle con relación al tamaño, apariencia, características físicas y organolépticas como lo determina la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-107/1-SCFI-2014 para la producción de chiles secos comerciales en nuestro país.

## Literatura citada

Díaz-Durán, M. Á.; Ochoa, C. A.; Álvarez, J. W. y Rincón-Numpaqué, Á. H. 2022. Toxicidad por aluminio (Al<sup>3+</sup>) como limitante del crecimiento y la productividad: experiencias en diagnóstico y manejo en Palmeras de Yarima S. A. (Santander). Revista Palmas. 43(1):102-116. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13754>.

- Eguez, E.; León, L.; Loor, J. y Pacheco, L. 2022. Deficiencia nutricional de macronutrientes en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* Linneo) cultivadas en solución nutritiva. Rev. Investigación Talentos. 9(1):69-82. <https://doi.org/10.33789/talentos.9.1.162>.
- García-Gaytán, V.; Gómez, M. F. C.; Trejo, T. L. I.; Baca, C. G. A. and García, M. S. 2017. The chilhuacle chili (*Capsicum annuum* L.) in Mexico: description of the variety, its cultivation, and uses. Inter. J. Agron. 2017. <https://www.hindawi.com/journals/ija/2017/5641680/>.
- López, P. y Pérez, B. D. 2015. El chile huacle (*Capsicum annuum* sp.) en el estado de Oaxaca, México. Rev. Agroproductividad. 8(1):35-39. <http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/636>.
- López, L. P.; Rodríguez, H. R. y Bravo, M. E. 2016. Impacto económico del chile huacle (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Oaxaca. Rev. Mex. Agron. 20(38):317-328. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14146082010>.
- Mármol, J. R. 2010. Cultivo del pimiento dulce en invernadero. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Secretaría General Técnica. 95-99 pp.
- Martínez-Gutiérrez, G. A.; Langlé-Argüello, L. A.; Urrestarazu, M.; Escamirosa-Tinoco, C.; Hernández-Tolentino, M. y Morales, I. 2021. Efecto de la densidad de plantación y la poda en el Chile huacle en invernadero. IDESIA. 39(3):69-74. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000300069>.
- Misle, E.; Kahlaoui, B.; Hachicha, M. y Alvarado, P. 2013. Estimación del área foliar en melón por alometría. Photosynthetica. 51(4):613-620. <http://doi.org/10.1007/s11099-013-0062-x>.
- Nazar, R.; Iqbal, N.; Masood, A.; Syeed, S. and Khan, N. A. 2011. Understanding the significance of sulfur in improving salinity tolerance in plants. Environ. Exp. Bot. 70(2-3):80-87. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.09.011>.
- Nieves-González, F.; Alejo-Santiago, G.; Luna-Esquivel, G.; Lemus-Flores, C.; Juárez-López, P. y Salcedo-Pérez, E. 2015. Extracción y requerimiento de fósforo en chile Habanero (*Capsicum Chinense* Jacq.) Big brother?. Interciencia. 40(4):282-286. <http://dspace.uan.mx:8080/handle/123456789/111>.
- Pinilla, Q. H.; Herrera, F. L.; Benavente, R. I. y Sanhuesa R. H. 2011. Efecto del magnesio en el rendimiento y contenido de gluten en trigo (*Triticum aestivum* L.) en un suelo andisol. IDESIA. 29(2):53-57. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292011000200007>.
- SEGOB. 2014. Secretaría de Gobernación. NMX-FF-107/1-SCFI-2014. Productos alimenticios. Chiles secos. Parte 1: especificaciones y métodos de prueba. (Cancela a la NMX-FF-107/1-SCFI006). Secretaria de Economía. México, D.F. 1-23 pp. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5379404&fecha=23/01/2015](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5379404&fecha=23/01/2015).
- Sieiro, M. G. L.; González, M. A. N.; Rodríguez, L. E. L. y Rodríguez, R. M. 2020. Efecto de los macroelementos primarios en la susceptibilidad a enfermedades. Centro Agrícola. 47(3):66-74. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852020000300066&script=sci.arttext&tlng=en>.
- Siles, P. 2019. Fertilidad de los suelos en sistemas de pastos, café y cacao en el Tesac Nicaragua. Managua, Nicaragua: CGIAR research program on climate change, agriculture and food security (CAAFS). 12(1):1-13. <https://hdl.handle.net/10568/107227>.
- Silva, A. Z.; Anderson, F. W.; Nowaki, R. H.; Cecílio, F. A. B. y Mendoza, C. J. W. 2017. Síntomas de deficiencia de macronutrientes en pimiento (*Capsicum annuum* L.). Agrociencia. 21(2):31-43. <http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=s2301-15482017000200031&script=sci.arttext>.

- Steiner, A. A. 1984. The universal solution. ISOSC. *In: proceedings of 6<sup>th</sup> In: international congress on soil culture*. Lunteren, the netherlands. 633-649 pp.
- Sun, J.; Wang, M. J.; Ding, M. Q.; Deng, S. R.; Liu, M. Q.; Lu, C. F. and Song, J. 2010. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and cytosolic Ca<sup>2+</sup> signals triggered by the PM H<sup>+</sup>-coupled transport system mediate K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> homeostasis in NaCl<sup>-</sup> stressed *Populus euphratica* cells. *Plant, cell and environment*. 33(6):943-958. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.2010.02118.x>.
- Urbina-Sánchez, E.; Cuevas-Jiménez, A.; Reyes-Alemán, J. C.; Alejo-Santiago, G.; Valdez-Aguilar, L. A. y Vázquez-García, L. M. 2020. Solución nutritiva adicionada con NH<sub>4</sub><sup>+</sup> para producción hidropónica de chile huacle (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Fitotec. Mex.* 43(3):291-298. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.291>.
- Valentín-Miguel, M. C.; Castro-Brindis, R.; Rodríguez-Pérez, J. E. y Pérez-Grajales, M. 2013. Extracción de macronutrientes en chile de agua (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Chapingo. Ser. Hortic.* 19(4):71-78. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S1027-152X2013000400006>.
- Vázquez-Vázquez, C.; García-Hernández, J. L.; Salazar-Sosa, E.; López-Martínez, J. D.; Valdez-Cepeda, R. D.; Orona-Castillo, I.; Gallegos-Robles, M. A. y Preciado-Rangel, P. 2011. Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Chapingo. Ser. Hortic.* 17(1):69-74. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S1027-152X2011000400011>.