

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS DE CALABACITA CON ALTAS DOSIS DE N Y K

Yield and Quality of Zucchini Fruits on High Doses of N and K

Gaudencio Sedano-Castro^{1,2*}, Víctor A. González-Hernández², Crescenciano Saucedo-Veloz², Marcos Soto-Hernández², Manuel Sandoval-Villa² y J. Alfredo Carrillo-Salazar²

RESUMEN

Se probaron nueve tratamientos con tres niveles de N y tres de K (150, 240 y 330; 90, 120 y 150 kg ha⁻¹, respectivamente) para evaluar rendimiento y calidad de fruto de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) cv. Tala en campo. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de fruto, número de frutos por planta, tasas de asimilación neta de CO₂, contenido de azúcares totales, firmeza y color de fruto en dos tamaños de fruto, 1 y 2 (mercado nacional y exportación). El fruto de tamaño 1 (12-15 cm) incrementó su rendimiento cuando aumentaron los niveles de N (de 150 a 330 kg ha⁻¹), pero no con los incrementos de K; el rendimiento de fruto tamaño 2 (16-25 cm) no fue afectado por los niveles de N y K probados. El número de frutos en ambos tipos no presentó diferencias en las dosis de N y K ($P \leq 0.10$), y tampoco la tasa de asimilación neta de CO₂ presentó diferencias entre las dosis probadas, aunque se presentaron altos valores de CO₂ (41 y 38 $\mu\text{moles de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) para una planta C₃. El fruto de tamaño 1 no presentó diferencias en contenido de azúcares totales entre las dosis evaluadas, pero en fruto tamaño 2 hubo altos niveles de azúcares (0.044 mg mL⁻¹) con altas dosis de N (240 y 330 kg ha⁻¹). La firmeza de frutos fue mayor con los menores niveles de N y los mayores de K, en ambos tamaños de fruto. El color verde fue favorecido con las más altas dosis de N (330 kg ha⁻¹) y de K (150 kg ha⁻¹).

Palabras clave: *Cucurbita pepo*, *nutrimentos*, *azúcares*, *firmeza*, *color*.

¹ Universidad Autónoma Chapingo. 56230 Chapingo, estado de México.

* Autor responsable (gsedan3@hotmail.com)

² Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230 Montecillo, estado de México.

Recibido: enero de 2011. Aceptado: junio de 2011.

Publicado en Terra Latinoamericana: 133-142.

SUMMARY

Nine treatments resulting from three N rates (150, 240 and 330 kg ha⁻¹) and three K rates (90, 120 and 150 kg ha⁻¹), were compared regarding fruit yield and quality of zucchini (*Cucurbita pepo* L.) cv. Tala under field conditions. Measured variables were: fruit yield, fruit number per plant, leaf net CO₂ assimilation rate; total sugars content, firmness and color. Two fruit sizes were considered: for national consumption (size 1) and for export (size 2). Fruit size 1 (12-15 cm) yield increased by increasing the N rate from 150 to 330 kg ha⁻¹, but was not affected by K rates or the N \times K interaction. Fruits size 2 (16-25 cm) yield was unaffected by the N and K rates. In both sizes, the number of fruits per plant was not altered by the imposed treatments; the CO₂ net assimilation rate was not affected either, but the plants showed high rates (41 and 38 $\mu\text{moles of CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) for a C₃ plant. Regarding fruit quality, treatments did not affect total sugar content in size 1 but in size 2 the sugar content was higher at the high N rates (240 and 330 kg ha⁻¹). For both fruit sizes, firmness increased as N decreased and K increased. Fruits were greener as N and K rates increased.

Index words: *Cucurbita pepo*, *nutriments*, *sugars*, *firmness*, *color*.

INTRODUCCIÓN

Los frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) se consumen principalmente inmaduros, como fruto verdura, tanto en el mercado nacional como en el de exportación. En 2009 se cultivaron 30 629 ha en México, con un rendimiento medio de 15.8 Mg ha⁻¹, inferior al de Holanda (70.0 Mg ha⁻¹), España (68.18 Mg ha⁻¹) y Francia (37.27 Mg ha⁻¹), y apenas superior al promedio mundial (13.62 Mg ha⁻¹) (FAO, 2010), lo que evidencia la necesidad de elevar el rendimiento nacional. En 2009 el país exportó 350 939 Mg (SAGARPA, 2010). El fruto

de la calabacita es apreciado porque contiene pocas calorías, es rico en vitaminas (C, E, B₁, B₂ y β -caroteno) y minerales (K, Ca, Fe, Zn, Mn, Mg, P, B, Cu y N) (Danilchenko *et al.*, 2001). Una variedad de calabacita muy cultivada en México es la Gray Zucchini, que se caracteriza por ser herbácea y precoz, y por iniciar la producción 50 d después de la siembra. Su híbrido comercial Tala (Seminis®) tiene la ventaja de presentar plantas uniformes y vigorosas.

La calabacita es una planta C₃, las que en general se consideran de menor eficiencia fisiológica que las plantas C₄, aunque existen muchas especies con altas tasas de asimilación de CO₂ como el arroz (*Oryza sativa*), la soya (*Glycine max*) y el girasol (*Helianthus annuus*) (Villalobos, 2001).

Entre los nutrimentos que más influyen en el rendimiento de los cultivos están el N y el K. El N favorece el desarrollo vegetativo e intensifica el color verde de las hojas; es constituyente de componentes celulares esenciales, como aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos; además, es regulador del P, K y otros nutrimentos; y mejora la succulencia de muchos cultivos. Por su parte, el K da vigor al crecimiento, es esencial para la formación del almidón y la hidrólisis de los azúcares, promueve la translocación de asimilados desde las hojas y favorece la fotosíntesis, participa en la regulación del potencial osmótico celular, activa enzimas, participa en la liberación de proteínas desde los ribosomas, es necesario en la síntesis de clorofila, favorece el desarrollo de raíces, y regula el balance del N y P (Taiz y Zeiger, 2006; Alcántar y Trejo, 2007).

En tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se logró incrementar la producción de biomasa aérea y la calidad de fruto, al aplicar K, a una concentración de 3 a 9 meq L⁻¹ (Bugarín *et al.*, 2002). En brócoli (*Brassica oleraceae* L.) Vidal *et al.* (2006) elevaron el rendimiento mediante aplicaciones de K, y en plátano (*Musa paradisiaca* L.) cv. Gran Enano Orozco y Pérez (2006) detectaron interacción de N y humedad sobre el rendimiento y calidad de fruto.

Mediante fertilización con N se aumentó la concentración de clorofila en hojas de calabacita, en comparación con el testigo (Aroiee y Omidbaigi, 2004); y en calabacita cultivada sin labranza, al aumentar el N permitió incrementar el rendimiento de fruto (Harrelson *et al.*, 2004). Pero en calabaza acanalada (*Telfairia occidentalis* Hook F.) un mayor contenido de N favoreció la incidencia de la enfermedad mancha foliar causada por *Phoma sorghina*, mientras que el K no

afectó el desarrollo de la enfermedad (Nwufoy Agu, 2001). Dosis de 6 mM de N favoreció una eficiente producción y distribución de biomasa en raíz y vástago en frijol ejotero cv. Strike (Sánchez *et al.*, 2005).

En girasol (*Helianthus annuus* L.) cultivado con altas dosis de N y densidad de siembra se logró una mayor producción de biomasa y rendimiento de semilla (Vega *et al.*, 2001); similarmente, Escalante (2001) encontró que las aplicaciones de más N incrementó la biomasa y rendimiento de semilla en dos variedades de girasol. Con dosis de 250 kg ha⁻¹ de N, el tomate elevó su rendimiento y su calidad poscosecha (Villarreal *et al.*, 2002). También en chile Jalapeño (*Capsicum annum* L.) se encontró que a mayor dosis de N y K se obtuvo mayor rendimiento (Alonso *et al.*, 2002). La fertilización con P y K en calabacita cv. Styriaca aumentaron el rendimiento de frutos y el de semilla (Ali *et al.*, 1999).

Los nutrimentos también pueden mejorar la calidad del fruto y diversas características agronómicas. Por ejemplo, en melón (*Cucumis melo* L.) cv. Cantaloupe se aumentó rendimiento y contenido de sólidos solubles en fruto mediante aplicación de mayor dosis de N (Pérez *et al.*, 2004). Las aplicaciones de N y etefón en *Cucurbita moschata* L. cv. Co-1 no solo aumentaron el número de flores pistiladas, el rendimiento de fruto y de semilla, sino también la germinación (Adirai *et al.*, 2001). Las dosis de 476 kg de N, 500 kg P₂O₅ y 548 kg de K₂O ha⁻¹ incrementaron el rendimiento de fruto comercial, grosor de pulpa, intensidad del color en *C. moschata* L., en comparación con el testigo sin fertilizar (Damarany y Farag, 1994). En girasol las altas dosis de N produjeron un mayor índice y duración de área foliar, mayor radiación interceptada y más alta producción de biomasa y rendimiento de semilla y aceite (Escalante, 1999). Las hojas de tomate crecidas con bajo suministro de N y con alta relación C/N, contenían más carbohidratos solubles, y fueron 2.5 veces más susceptibles a lesión primaria por *Botrytis cinerea*, que hojas de plantas crecidas con alta disposición de N y menor relación C/N (Hoffland *et al.*, 1999).

La planta de calabacita es capaz de producir una gran cantidad de botones florales pero apenas siete llegan a convertirse en frutos, en promedio, debido a que el área foliar sólo dura 90 d y con ello se agota la fuente de asimilados (Sedano *et al.*, 2005). Lo anterior ha sugerido la necesidad de alargar la longevidad del follaje que provee fotoasimilados para que más botones florales formen frutos y se aumente el rendimiento. Una alternativa para alargar la vida foliar es mediante

el uso de la fertilización nitrogenada que favorece el desarrollo foliar y el rendimiento, y con K que favorece el transporte de asimilados, la actividad enzimática, la asimilación de CO_2 y alarga la vida de las plantas (Taiz y Zeiger, 2006; Mengel y Haeder, 1977). Dado que la planta y sus frutos extraen importantes cantidades de nutrientes (Valadez, 1998), se hace necesario probar altos niveles de N y K. La necesidad de evaluar K es debido a que se necesita elevar la longevidad del cultivo y con ello aumentar el número de frutos a cosechar. Otro aspecto a considerar es la calidad del fruto cosechado y en poscosecha, en especial cuando se destina a la exportación. Actualmente, en la calabacita se consumen dos tamaños de fruto: de 12 a 15 cm de longitud para el mercado nacional, y de 16 a 25 cm para exportación (ASERCA, 1999; Valadez, 1998). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de dosis altas de N y K sobre la eficiencia fisiológica y el rendimiento y calidad de los frutos de calabacita tipo verdura, tanto para el mercado nacional como para el de exportación considerando medir niveles mayores a las recomendaciones de Valadez (1998) y Sedano (2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio Experimental

El campo se ubicó a $19^{\circ} 27' 30''$ N y $98^{\circ} 54' 14''$ O, una altitud de 2241 m, con temperatura media anual de 14.8°C y precipitación de 675 mm anuales, cuyo clima es templado, el más seco de los subhúmedos, con oscilación térmica entre 5 y 7°C (entre el mes más cálido respecto del mes más frío) y régimen térmico tipo ganges (el mes más cálido antes del solsticio de verano), clasificado como C (w_0) (w) b (i) g por García (1981). El suelo utilizado es arcilloso clasificado como un vertisoldístico, del grupo TypicHapluster (USDA, 1994).

Cultivar

La semilla de calabacita cv Tala (Seminis®) se sembró en campo, con riego, durante el ciclo primavera-verano, a una densidad de siembra de 23 000 plantas por ha, en un lote de 2000 m^2 en Montecillo, estado de México.

Se utilizó un diseño factorial 3×3 (tres dosis de N: 150, 240 y 330 kg ha^{-1} ; tres dosis de K_2O : 90, 120 y 150 kg ha^{-1}). Los nueve tratamientos de fertilización

se establecieron en el campo en arreglo completamente al azar con tres repeticiones; el tamaño de parcela experimental fue cinco surcos de 90 cm de ancho por 6 m de longitud.

Las fuentes de fertilizantes fueron sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), superfosfato triple de calcio ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) y nitrato de potasio (KNO_3). La primera fertilización se aplicó a los 10 d de la siembra, con todo el P y K y la mitad de N (primero aplicando KNO_3 y completando con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; el resto del N se aplicó tres semanas después con sólo $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Tratamientos y Diseño Experimental

En este experimento se probaron nueve dosis de fertilización, resultantes de combinar tres dosis de N (150, 240 y 330 kg ha^{-1}), con tres dosis de K_2O (90, 120 y 150 kg ha^{-1}). Considerando el terreno uniforme, los nueve tratamientos se dispusieron en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×3 , con tres repeticiones.

Variables Medidas

Asimilación de CO_2 . Se hicieron dos mediciones de tasas de asimilación neta de CO_2 en la hoja madura más joven, registradas al medio día y a pleno sol, a los 67 y a los 83 días después de la siembra (dds), en plena fructificación y final del ciclo del cultivo, en tres repeticiones en cada parcela con el equipo LI-6200® (LI-COR Lincoln, NE, EUA).

Rendimiento. Para cuantificar el rendimiento en peso fresco y el número de frutos por planta, en cada parcela se etiquetaron cuatro plantas con competencia completa. Los frutos se clasificaron en frutos tamaño 1 y 2; tamaños en los que se consume y comercializa la calabacita. Esta clasificación es: frutos para mercado nacional (Tipo 1) de 12 a 15 cm y de exportación (Tipo 2) de 16 a 25 cm de longitud. Los frutos se cortaron cada 2 d desde el inicio de fructificación (50 dds) hasta el final del ciclo (105 dds).

Calidad del fruto. Las variables consideradas fueron: color externo, firmeza y contenido de azúcares solubles totales, midiendo cinco frutos de los dos tamaños por tratamiento. El color se midió con un colorímetro de reflexión Hunter Lab® (Reston, VI, EUA), en dos lados opuestos del fruto. Se registraron los valores L, a y b, con los que se calcularon las variables denominadas: croma = $(\sqrt{a^2+b^2})$ y $^{\circ}\text{Hue} = (\tan^{-1} b/a)$, L indica la claridad

o luminosidad, a es la dirección del rojo, -a es la dirección del verde, b es la del amarillo, y -b es la del azul, c es croma y hue es el ángulo de color (McGuire, 1992). Los azúcares totales (mg mL^{-1}) se determinaron, por el método de antrona (Witham *et al.*, 1971). La firmeza de los frutos se midió con un texturómetro Chatillón (Warner Instruments, GR, EUA) y se registraron los datos de resistencia a la penetración en kg cm^{-2} .

Manejo Agronómico del Cultivo

Se proporcionaron cinco riegos, uno a la siembra y los otros cuatro cada 10 d, posteriormente ya no fue necesario regar por que se había establecido la temporada de lluvias. Se eliminó la maleza 8 d después de emergencia, de forma manual con azadón; se aplicaron bactericidas y fungicidas preventivos (Terramicina® y Rydomil®), para prevenir infecciones causadas por *Erwinia spp* y por *Ryzoctonia spp*; Rovral® y Neem® contra cenicilla vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*) y Neem (PHC™ NEEM) contra mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius).

Análisis Estadísticos

Las figuras y las curvas de regresión se trazaron mediante el programa de Excel (Microsoft Excel). Los análisis de varianza, regresión y las pruebas de medias de Tukey ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.10$) para fotosíntesis, rendimiento y calidad de fruto, se hicieron con el programa estadístico SAS (SAS Institute, 1999), bajo un diseño experimental completamente al azar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento y Número de Frutos

El análisis de varianza realizado para observar el efecto de N y K sobre el rendimiento de frutos de calabacita cv. Tala de tamaño 1 (para el mercado nacional), mostró que los niveles de K y la interacción $N \times K$ no afectaron a esta variable ($P \leq 0.10$), pues sólo hubo diferencias ($P \leq 0.05$) para dosis de N (Cuadros 1 y 2). Al respecto, el rendimiento del nivel más alto de N (330 kg ha^{-1}) superó al del nivel más bajo (150 kg ha^{-1}), aunque no hubo diferencias ($P \leq 0.10$) entre tratamientos de N y K en el número de frutos

de tamaño 1 por planta; por tanto, las diferencias en rendimiento podrían atribuirse a diferencias en el peso individual de los frutos. La curva de respuesta de frutos de tamaño 1 a la dosis de N, ajustada mediante una ecuación cuadrática (Figura 1), muestra que el rendimiento de este tamaño de fruto aumenta al elevar la dosis de N de 150 a 240 kg ha^{-1} , que al subirla de 240 a 330 kg ha^{-1} . Es de suponer entonces, que la dosis de 240 kg ha^{-1} de N es cercana a la dosis que maximiza el rendimiento de este cultivar. En cuanto al número de frutos de tamaño 1, todos los tratamientos produjeron al menos el doble de frutos (14.71 frutos por planta) que el obtenido por Sedano *et al.* (2005) (siete frutos por planta). En rendimiento y número de frutos del tamaño 2 (Cuadros 1 y 2) no hubo efecto significativo de N y K ni de la interacción $N \times K$ ($P \leq 0.10$). Sin embargo, el número de frutos del tamaño 2 (9.48) fue inferior al número de frutos de tamaño 1 (Cuadro 1), lo que se atribuye a que los frutos grandes compiten más entre sí por asimilados, que los frutos pequeños, como se pudo constatar previamente, cuando se dejaron plantas sin cosechar, observándose que solo crecía un fruto y los frutos pequeños abortaban.

Los mayores rendimientos obtenidos en frutos de tamaño 1 al aplicar más N, coinciden con lo reportado por Harrelson *et al.* (2004) para calabacita con cero labranza cuando se aumentó la dosis de N, y por Damarany y Farag (1994) y Adirai *et al.* (2001) en *Cucurbita moschata*. En girasol (*Helianthus annuus* L.), Escalante (1999, 2001) también encontró que altas dosis de N aumentaron biomasa y el rendimiento de semilla. De igual modo, Vega *et al.* (2001) reportaron que altas dosis de N y alta densidad de siembra aumentaron la biomasa y rendimiento de semilla de girasol; y Pérez *et al.* (2004) encontraron que al aumentar dosis de N se incrementaba el rendimiento de fruto de melón. Pero no coincide con lo encontrado en calabacita cv. Styriaca por Ali *et al.* (1999) en respuesta a incrementos de K que sí aumentó el rendimiento y número de frutos y el rendimiento de semilla.

El rendimiento de fruto de calabacita de tamaño 2 (para exportación) no presentó diferencias significativas ($P \leq 0.10$) entre las dosis de N y K probadas. Aún así, destaca que el rendimiento mínimo obtenido de este fruto (68 Mg ha^{-1}) es 3.2 veces mayor al reportado (21 Mg ha^{-1}) por Sedano *et al.* (2005) y 4 veces mayor al promedio nacional de 15.8 Mg ha^{-1} (FAO, 2010).

Cuadro 1. Rendimiento y número de frutos de calabacita de tamaño 1 (12-15 cm) para el mercado nacional, y tamaño 2 (16-25 cm) para mercado de exportación.

Tratamiento	Rendimiento		Número de frutos	
	12 - 15 cm	16 - 25 cm	12 - 15 cm	16 - 25 cm
	----- Mg ha ⁻¹ -----			
150 kg ha ⁻¹ de N	61.79 b	71.277 a	14.50 a	9.47 a
240 kg ha ⁻¹ de N	66.75 ab	71.196 a	14.94 a	9.77 a
330 kg ha ⁻¹ de N	68.78 a	72.476 a	14.69 a	9.22 a
90 kg ha ⁻¹ de K	62.70 a	74.611 a	14.77 a	10.00 a
120 kg ha ⁻¹ de K	67.25 a	71.961 a	14.58 a	9.33 a
150 kg ha ⁻¹ de K	67.37 a	68.377 a	14.78 a	9.13 a

Medias con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Los presentes resultados coinciden parcialmente con los de otros investigadores en cuanto al efecto de N y K en el rendimiento de cultivos. Por ejemplo, en plátano Gran Enano Orozco y Pérez (2006) detectaron efecto de interacción de N y humedad sobre rendimiento y calidad de fruto. Vidal *et al.* (2006) encontraron aumento en rendimiento en brócoli var. Itálica por efecto del K. Al elevar la dosis de N, Villarreal *et al.* (2002) obtuvieron alta calidad postcosecha y rendimiento de tomate. En Chile Jalapeño Alonso *et al.* (2002) obtuvieron mayor rendimiento de fruto con aumentos en las dosis de N y K. También al aumentar N, P y K se incrementó el rendimiento de fruto de *C. moschata* (Damarany y Farag, 1994). Esta aparente falta de concordancia con otros autores se atribuye a que en el presente estudio solamente se evaluaron altas dosis de N y K, puesto que la dosis más baja evaluada en este estudio (150N-90P-90K), corresponde a una dosis alta de fertilización en comparación con las dosis comerciales para calabacita, como las recomendadas por Valadez (1998) de 80-60-00, 130-90-00 y 120-80-00 de N-P-K,

respectivamente para alcanzar un rendimiento de 19.71 Mg ha⁻¹.

Fotosíntesis

En las dos fechas en que se midió la tasa neta de asimilación de CO₂, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.10$). No obstante, se ha reportado que la fotosíntesis se favorece por el N porque este elemento aumenta la cantidad de clorofila (Taiz y Zeiger, 2006; Buckman y Brady, 1980; Aroiee y Omidbaigi, 2004). El índice de área foliar y la radiación interceptada (Escalante, 1999). También el K favorece el desarrollo de la clorofila y regula el balance de N y P (Taiz y Zeiger, 2006; Buckman y Brady, 1980). Lo anterior sugiere que aún la dosis más baja de fertilización aquí aplicada (150N-90P-90K) fue suficiente para lograr una alta tasa de asimilación, de 41 y 38 $\mu\text{moles de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en la primera y segunda evaluación, respectivamente.

Cuadro 2. Valores de probabilidad de error de los análisis de varianza efectuados para rendimiento y número de frutos de los tamaños 1 (consumo nacional) y 2 (de exportación), y para tasas de fotosíntesis neta en dos fechas (06/06/05 y 22/06/05) de evaluación.

Fuente de variación	Rendimiento de frutos		Número de frutos		Fotosíntesis neta	
	12 - 15 cm	16 - 25 cm	12 - 15 cm	16 - 25 cm	67 dds	83 dds
Nitrógeno	0.02 **	0.94 ns	0.87 ns	0.47 ns	0.27 ns	0.46 ns
Potasio	0.11 ns	0.31 ns	0.96 ns	0.15 ns	0.80 ns	0.13 ns
N × P	0.75 ns	0.39 ns	0.18 ns	0.23 ns	0.69 ns	0.33 ns
R ²	0.37	0.20	0.21	0.30	0.23	0.38
CV	9.0	13.68	13.86	11.57	14.71	14.60

ns, *, ** y *** = no significativo y significativo a 0.1 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; CV = coeficiente de variación; dds = días después de la siembra.

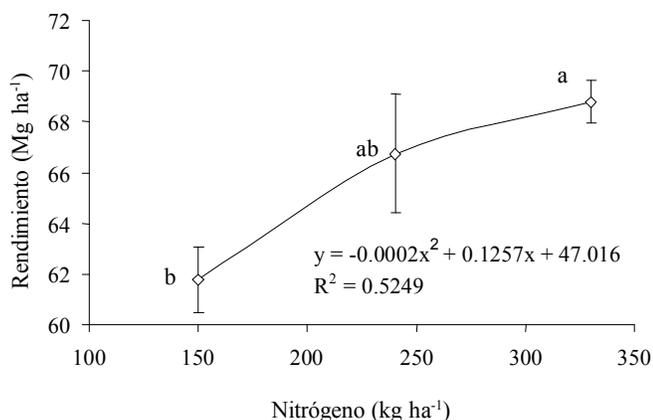


Figura 1. Relación entre dosis de N y rendimiento de fruto de calabacita de tamaño 1. Las barras verticales representan la desviación estándar ($n = 4$). Letras distintas al lado de cada dato indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Calidad de fruto

Azúcares totales. En contenido de azúcares totales en fruto para consumo nacional no hubo diferencias ($P \leq 0.10$) entre tratamientos de N y K (Cuadro 3), lo que coincide con lo reportado en plátano cv. Gran Enano por Orozco y Pérez (2006), cultivo en el que el N no se afectó la calidad del fruto, aunque la interacción de N y humedad tuvo efecto positivo en rendimiento y calidad de fruto. También coincide con Salgado *et al.* (2001) quienes reportaron que la calidad del jugo de caña de azúcar no fue afectada por las dosis de fertilizantes probadas. En contraste, Pérez *et al.* (2004) encontraron que al aumentar dosis de N se incrementaba el rendimiento y contenido de sólidos solubles en fruto de melón.

En el fruto de tamaño 2, el contenido de azúcares totales (Figura 2) se elevó ($P \leq 0.05$) solamente al subir la dosis de N de 240 a 330 kg ha⁻¹ pero no al aumentar la dosis de N de 150 a 240 kg ha⁻¹. Mediante regresión

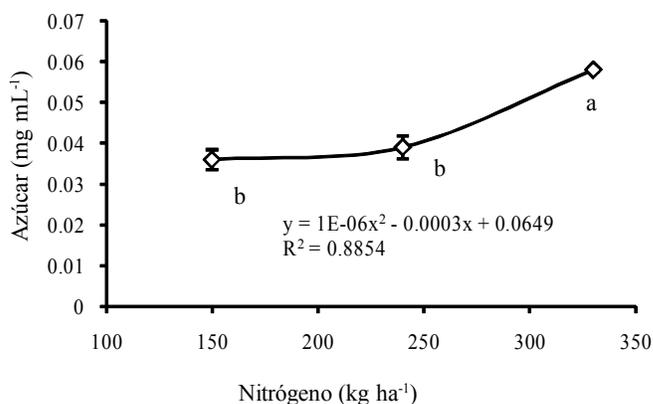


Figura 2. Azúcares totales en fruto de calabacita de tamaño 2 (de exportación 16-25 cm de longitud), en respuesta a la dosis aplicada de N.

poli-nomial se determinó que dicha respuesta al N se ajustó a una ecuación cuadrática con una $R^2 = 0.88$.

En cambio, los niveles de K (de 90 a 150 kg ha⁻¹) y la interacción N \times K no afectaron el contenido de azúcares, a pesar de que este nutriente participa en la hidrólisis de azúcares (Taiz y Zeiger, 2006; Buckman y Brady, 1980).

Firmeza de frutos. En frutos de tamaño 1 esta variable fue afectada significativamente ($P \leq 0.05$) por efecto de N y de la interacción N \times K (Cuadro 3). En cuanto a la interacción, los máximos grados de firmeza se detectaron con la combinación de máxima dosis de N (330 kg ha⁻¹) con la mínima de K (90 kg ha⁻¹) o al contrario (Cuadro 4).

En cambio, el fruto de tamaño 2 solamente fue afectado por N ($P \leq 0.1$), y no por el K ni la interacción N \times K (Cuadro 5). El efecto del N solamente fue significativo con la menor dosis de N y la mayor de K, esto es, conforme se incrementó el nivel del N, la firmeza del fruto disminuyó (Cuadro 5).

Cuadro 3. Probabilidades de error para las variables de calidad del fruto, azúcares totales y firmeza, en frutos de tamaños 1 (consumo nacional) y 2 (de exportación), según los análisis de varianza.

Fuente de variación	Azúcar F1	Azúcar F2	Firmeza F1	Firmeza F2
Nitrógeno (N)	0.60 ns	0.0004 ***	0.001 ***	0.09 *
Potasio (K)	0.31 ns	0.66 ns	0.18 ns	0.69 ns
N \times K	0.59 ns	0.34 ns	0.002 ***	0.11 ns
R ²	0.26	0.63	0.52	0.46
CV (%)	21.70	23.47	11.32	11.54

F1 = fruto1; F2 = fruto2, ns, *, ** y *** = no significativo y significativo a 0.1, 0.05, y 0.01 de probabilidad, respectivamente; CV = coeficiente de variación.

Cuadro 4. Efecto de la interacción N × K sobre la firmeza de fruto de calabacita de tamaño 1 (consumo nacional).

Potasio	Nitrógeno			Promedio
	150	240	330	
----- kg ha ⁻¹ -----				
90	2.90 b	2.876 b	3.636 a	3.14 a
120	3.40 ba	2.914 b	2.902 b	3.07 a
150	3.72 a	2.834 b	3.378 ba	3.31 a
Promedio	3.34 a	2.87 b	3.30 a	

Valores con letra diferente en la misma columna, son diferentes estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.10$).

Color de fruto. En los frutos de tamaño 1 la luminosidad (L) no se vio afectada por los tratamientos de N y K aquí aplicados (Cuadro 6), aunque sí lo fueron otras características del color del fruto ($P \leq 0.10$).

Así el verdor de estos frutos (-a) mostró cambios significativos ($P \leq 0.05$) por efecto simple de N y K, pero no de su interacción. Al respecto, el verdor aumentó en una unidad conforme aumentó la dosis de N de 150 a 330 kg ha⁻¹ (Figura 3), y también aumentó una unidad conforme la dosis de K se elevó de 90 a 150 kg ha⁻¹ (Figura 4).

En el color amarillo (b) de los frutos de tamaño 1 sólo se detectó una tendencia a disminuir conforme aumentó la dosis de K (promedio, Cuadro 7), efecto que no resultó significativo ($P \leq 0.10$) en la prueba de comparación de medias de Tukey, aunque la prueba de F marcó diferencias entre dosis de K (Cuadro 5).

En la saturación del color o croma (c) de los frutos de tamaño 1 solamente hubo diferencias ($P \leq 0.05$) por efecto de las dosis de K, pero no por efecto de N ni de la interacción N × K. Tal efecto consistió en la croma aumentó en una unidad (5%) al subir la dosis de K de 90 a 120 kg ha⁻¹, pero la c ya no se modificó al aplicar más K (Figura 5). Es decir, los frutos con menor saturación de color fueron los que se cosecharon de plantas que recibieron la menor dosis de K (90 kg ha⁻¹).

En contraste, los valores de hue (h) que también se relacionan con el verdor del fruto, resultaron afectados

Cuadro 5. Efecto de la interacción N × K sobre la firmeza del fruto de calabacita de tamaño 2 (de exportación).

Potasio	Nitrógeno			Promedio
	150	240	330	
----- kg ha ⁻¹ -----				
90	3.34 ba	3.46 ba	3.42 ba	3.40 a
120	3.56 ba	3.57 ba	3.42 ba	3.51 a
150	4.06 a	3.78 ba	2.87 b	3.57 a
Promedio	3.65 a	3.60 a	3.24 a	

Valores con letra diferente en la misma columna, son diferentes estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.10$).

significativamente por las dosis de N ($P \leq 0.01$) y por la interacción N × K ($P \leq 0.01$), como se muestra en el Cuadro 6. Estos resultados confirman que las dosis de N aquí evaluadas combinadas con altos niveles de K favorecen el verdor de fruto de tamaño 1 y solo la combinación de 150 kg de N con 90 kg de K presentan menor valor de h (Cuadro 8).

En los frutos de tamaño 2 la luminosidad (L) tampoco fue afectada por los tratamientos de N y K ($P \leq 0.01$) (Cuadro 9), aunque las demás variables indicadoras del color de fruto sí fueron afectadas.

En el tipo de fruto 2 se detectó que el color verde aumentó ($P \leq 0.05$) al elevar la dosis de N de 150 a 240 kg ha⁻¹, y presenta menor valor absoluto en el tratamiento de 150 kg ha⁻¹ de N y 120 de K, de modo que el máximo verdor se logró con la combinación de máximas dosis de N y K (Cuadro 10).

Respecto al color amarillo (b), en frutos del tamaño 2 no hubo diferencias entre dosis de N o de K ($P \leq 0.05$), pero sí por efecto de la interacción N × K (Cuadros 9 y 11). Dicha interacción consistió básicamente en que el mayor grado de amarillamiento se dio con la combinación de máximas dosis de N (330 kg ha⁻¹) y de K (150 kg ha⁻¹), mientras que el mínimo amarillamiento resultó con la mínima dosis de N (150 kg ha⁻¹) combinada con la máxima de K (150 kg ha⁻¹). Estos resultados muestran que en el fruto de tamaño 2 también predomina

Cuadro 6. Análisis de varianza para color de frutos de calabacita de tamaño 1 (consumo nacional).

Fuente de variación	Luminosidad 1	Verdor 1	Amarillo 1	Croma 1	Hue 1
Nitrógeno (N)	0.82 ns	0.005 ***	0.74 ns	0.13 ns	0.008 ***
Potasio (K)	0.70 ns	0.012 **	0.05 **	0.01 ***	0.08 *
N × K	0.99 ns	0.120 ns	0.87 ns	0.99 ns	0.01 ***
R ²	0.04	0.45	0.20	0.27	0.47
CV (%)	6.60	9.57	6.35	6.31	1.77

ns, *, ** y *** = no significativo y significativo a 0.1, 0.05, y 0.01 de probabilidad respectivamente. CV = coeficiente de variación.

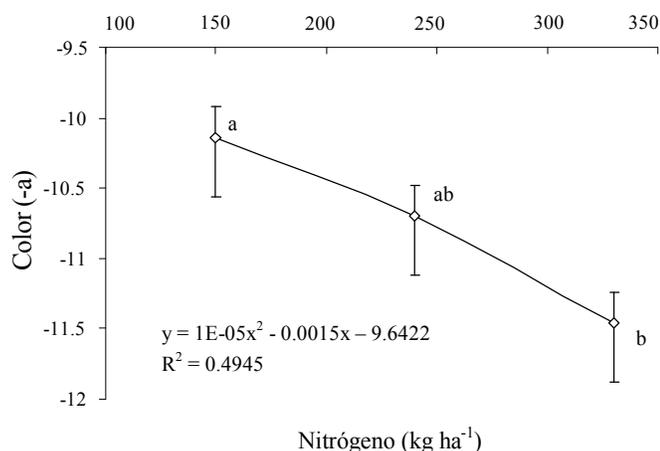


Figura 3. Efecto del N sobre el color verde (-a) del fruto de calabacita de tamaño 1 (para consumo nacional).

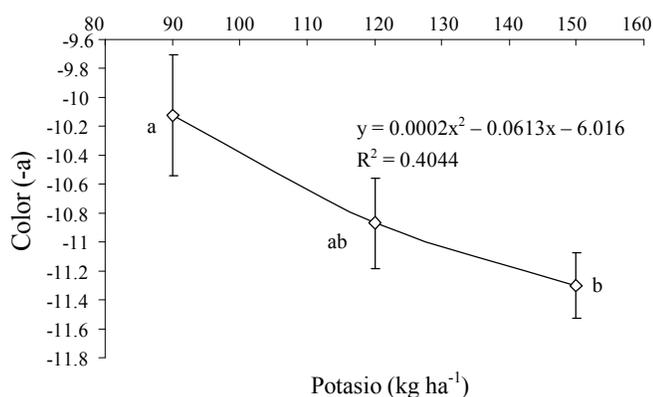


Figura 4. Efecto del K sobre el color verde (-a) del fruto de calabacita tamaño 1 (consumo nacional).

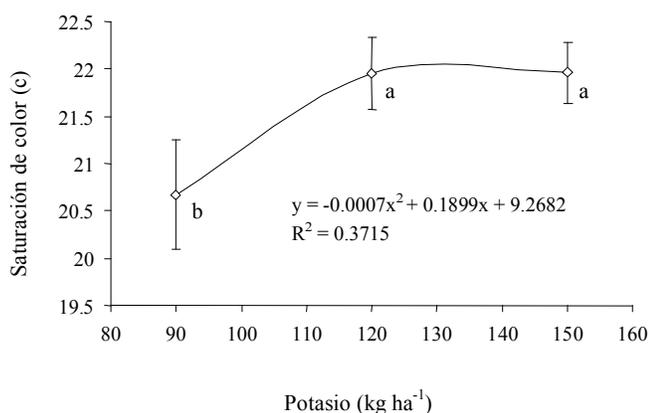


Figura 5. Curva de saturación de color en frutos de calabacita de tamaño 1 (consumo nacional), en respuesta a dosis de K. Letras distintas al lado de valores de c indican diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$).

Cuadro 7. Efecto de la interacción N × K sobre el color amarillo (b) del fruto de calabacita de tamaño 1 (consumo nacional).

Potasio	Nitrógeno			Promedio
	150	240	330	
----- kg ha ⁻¹ -----				
90	18.07 a	17.89 a	18.02 a	19.04 a
120	18.78 a	19.19 a	19.16 a	18.83 a
150	18.38 a	18.72 a	19.38 a	17.94 a
Promedio	18.41 a	18.60 a	18.85 a	

Valores con la letra diferente en la misma columna, indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.10$).

Cuadro 8. Efecto de la interacción N × K sobre el color verde (h) de fruto de calabacita de tamaño 1 (consumo nacional).

Potasio	Nitrógeno			Promedio
	150	240	330	
----- kg ha ⁻¹ -----				
90	116.58 b	118.94 ba	122.24 a	119.25 a
120	118.44 ba	118.90 ba	121.75 a	119.70 a
150	121.19 a	121.80 a	119.93 ba	120.97 a
Promedio	118.74 b	119.88 ba	121.31 a	

Valores con letra diferente en la misma columna, indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.10$).

el color verde, pero posee más tendencia al color amarillo que el fruto tamaño 1.

Con respecto a la saturación del color o croma (c) se registraron diferencias significativas ($P \leq 0.5$) entre dosis de N y por efecto de la interacción (Cuadro 9). La saturación del color de fruto aumentó con las dosis de N (de 150 a 330 kg ha⁻¹), mientras que la saturación se redujo al mínimo con las altas dosis de K (120 y 150 kg ha⁻¹) combinadas con la menor de N (150 kg ha⁻¹), como se muestra en el Cuadro 12. No se observa efecto de K, es decir, para lograr mayor saturación de color del fruto es conveniente una dosis de 90 kg ha⁻¹ de K combinada con 330 kg ha⁻¹ de N.

La variable hue que indica el color verde del fruto también mostró diferencias ($P \leq 0.05$) entre dosis de N y K y por efecto de la interacción N × K (Cuadro 9). Ello se debió a que el color verde se incrementó al aumentar la dosis de N de 150 a 240 kg ha⁻¹; también hubo diferencias en los niveles de K, habiendo solamente un menor valor de h con el menor nivel de N (150 kg ha⁻¹ y 120 kg ha⁻¹ de K) (Cuadro 13).

Cuadro 9. Probabilidades de error de los análisis de varianza para variables del color de frutos de calabacita de tamaño 2 (de exportación).

Fuente de variación	Luminosidad 2	Verdor 2	Amarillo 2	Croma 2	Hue 2
Nitrógeno (N)	0.71 ns	0.0001 ***	0.19 ns	0.02 **	0.0002 ***
Potasio (K)	0.49 ns	0.0002 ***	0.77 ns	0.40 ns	0.0004 ***
N × K	0.18 ns	0.005 ***	0.01 ***	0.04 **	<.0001 ***
R ²	0.2	0.69	0.34	0.4	0.68
CV (%)	7.64	-8.12	8.28	7.49	1.73

ns, *, ** y *** = no significativo y significativo a 0.1, 0.05, y 0.01 de probabilidad respectivamente. CV = coeficiente de variación.

Cuadro 10. Efecto de la interacción N × K en el color verde (-a) del fruto de tamaño 2 (de exportación).

Potasio	Nitrógeno			Promedio
	150	240	330	
----- kg ha ⁻¹ -----				
90	-9.16 b	-10.14 cb	-10.43 cb	-9.91 b
120	-7.00 a	-9.98 cb	-10.21 cb	-9.06 a
150	-9.94 cb	-10.45 cb	-10.76 c	-10.38 b
Promedio	-8.70 a	-10.19 b	-10.47 b	

Valores con letra diferente en la misma columna, indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

Cuadro 11. Efecto de la interacción N × K sobre el color amarillo (b) en frutos del tamaño 2 (de exportación).

Potasio	Nitrógeno			Promedio
	150	240	330	
----- kg ha ⁻¹ -----				
90	19.41 ab	17.92 ab	18.47 ab	18.60 a
120	17.62 ab	18.94 ab	18.08 ab	18.21 a
150	16.56 b	18.17 ab	20.16 a	18.30 a
Promedio	18.90 a	18.34 a	17.86 a	

Medias con letra diferente en la misma columna, indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.10$).

Cuadro 12. Efecto de la interacción N × K sobre el croma (c) de frutos de calabacita de tamaño 2 (para exportación).

Potasio	Nitrógeno			Promedio
	150	240	330	
----- kg ha ⁻¹ -----				
90	21.48 ba	20.59 ba	21.22 ba	21.10 a
120	19.00 b	21.41 ba	20.77 ba	20.40 a
150	19.32 b	20.97 ba	22.86 a	21.05 a
Promedio	19.93 b	20.99 ba	21.61 a	

Valores con letra diferente en la misma columna, indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

Cuadro 13. Efecto de la interacción N × K sobre el color verde (h) del fruto de calabacita de tamaño 2 (para exportación).

Potasio	Nitrógeno			Promedio
	150	240	330	
----- kg ha ⁻¹ -----				
90	115.25 bc	119.57 a	119.50 a	118.10 ba
120	111.85 c	117.84 ba	119.46 a	116.39 b
150	120.99 a	119.97 a	118.13 ba	119.69 a
Promedio	116.03 b	119.13 a	119.03 a	

Valores con letra diferente en la misma columna, indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

- El rendimiento de frutos de tamaño 1 para consumo nacional se incrementó de 62 a 68 Mg ha⁻¹ al aumentar la dosis de N de 150 a 330 kg ha⁻¹, pero no cambió al elevar la dosis de K de 90 a 150 kg ha⁻¹. En cambio, el rendimiento de fruto de tamaño 2 para exportación, no cambió significativamente entre esas dosis de N y K. No hubo diferencias entre dosis de N y K con relación al número de frutos por planta de calabacita en cualquiera de los dos tamaños de fruto, lo que indica que las diferencias en rendimiento se debieron

a diferencias en el peso individual de los frutos. La tasa de asimilación de CO₂ no fue afectada por las dosis de N y K evaluadas, pero dichas tasa fueron altas par una planta C₃, con valores de 41 y 38 μmoles de CO₂ m⁻² s⁻¹, en dos fechas de medición, ya que en la mayoría de plantas C₃ son tasas menores o iguales a 30 μmoles de CO₂ m⁻² s⁻¹.

- En cuanto a la calidad del fruto, el contenido de azúcares totales del fruto de tamaño 1 para consumo nacional, no fue afectado por los tratamientos de N y K, pero en los de tamaño 2 para exportación este valor aumentó al subir la dosis de N de 150 a 330 kg ha⁻¹. La firmeza

de los frutos fue más alta con el menor nivel de N y con el mayor de K, en ambos tamaños de fruto. En color del fruto, todos los tratamientos favorecen el color verde y el tratamiento que alcanzó el menor verdor fue el de la menor tasa de N (150 kg ha⁻¹) y la intermedia de K (120 kg ha⁻¹ de K).

LITERATURA CITADA

- Adirai, N., N. Adirai, A. Vijayakumar, and K. Natarajan. 2001. Effect of nitrogen application and ethrel spray on seed yield and quality of pumpkin cv. CO-1. *Orissa J. Hort.* 29: 28-30.
- Alcántar G., G., y L. Trejo T. 2007. Nutrición de cultivos. Mundiprensa y Colegio de Postgraduados. México, D. F.
- Ali, S. M., H. H. Moghadem, D. Yazdani, and P. Ahmedi Avval. 1999. Effect of plastic mulches, spacing and phosphorus and potassic fertilizer levels on the growth and yields of common pumpkin, *Cucurbita pepo* convar. *pepo* var. *Styriaca*. *J. Med. Arom. Pl. Sci.* 21: 650-653.
- Alonso B., M., L. Tijerina C., P. Sánchez G., L. A. Aceves N., A. J. Escalante E. y A. Martínez G. 2002. Producción de chile jalapeño con fertirriego como función de la tensión de humedad del suelo, nutrición nitrogenada y potásica. *Terra* 20: 209-215.
- Aroiee, H. and R. Omidbaigi. 2004. Effects of nitrogen fertilizer on productivity of medicinal pumpkin. *Acta Hort.* 629: 415-419.
- Buckman H. O. y N. C. Brady. 1980. Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simon. Barcelona, España.
- Bugarín M., R., A. Gálvis S., P. Sánchez G. y D. García P. 2002. Demanda de potasio del tomate tipo saladette. *Terra* 20: 391-399.
- Damrany, A. M. and I. A. Farage. 1994. Effect of NPK levels and plant distance on yield and quality of pumpkin fruits grown under Assiut conditions. *Assiut J. Agric. Sci.* 25: 119-134.
- Danilchenko, H., A. Paulauskienė, and G. Marciukaitė. 2001. The research of technological characteristics of pumpkin cultivars. *SodininkystėDaržin* 20: 196-204.
- Escalante E., J. A. 1999. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra* 17: 149-157.
- Escalante E., J. A. 2001. Biomasa, rendimiento y eficiencia en el uso del agua y nitrógeno en girasol de humedad residual. *Terra* 19: 19-27.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2010. Superficie, producción y rendimiento de calabazas en el mundo. www.fao.org. (Consulta: marzo 12, 2010).
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F.
- Harrelson, R., A. Cole, G. Hoyt, J. Havlin, and D. Monks. 2004. No-till pumpkin production. pp. 167-171. *In*: D. L. Jordan and D. F. Caldwell (eds.). *Proceeding of the 26th Southern Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture*. June 8-9. Raleigh, NC, USA.
- Hoffland, E., M. L. van Beusichem, and M. J. Jeger. 1999. Nitrogen availability and susceptibility of tomato leaves to *Botrytis cinerea*. *Plant Soil* 210: 263-272.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27: 1254-1255.
- Mengel, K. and H. E. Haeder. 1977. Effect of potassium supply on the rate of phloem sap exudation and the composition of phloem sap of *Ricinus communis*. *Plant Physiol.* 59: 282-284.
- Nwufu, M. I. and C. M. Agu. 2001. Influence of nutrition on the development of leafspot disease of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook F.) caused by *Phoma sorghina*. *Discovery Innovation* 13: 48-53.
- Orozco R., J., y O. Pérez Z. 2006. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en plátano (*Musa AAA Simmonds*) cv. Gran Enano. *Agrociencia* 40: 149-162.
- Pérez Z., O., M. R. Cigales, M. Orozco, y K. G. Pérez. 2004. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en melón "Cantaloupe": Segunda parte. *Agrociencia* 38: 261-272.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación). 2010. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=11&Itemid=16. (Consulta: marzo 12, 2010).
- Salgado G., S., R. Núñez E., J. J. Peña C., J. D. Echevers B., D. J. Palma L. y M. R. Soto H. 2001. Respuesta de la soca de caña de azúcar a la fertilización NPK. *Agrociencia* 34: 689-698.
- Sánchez, E., J. M. Soto, A. Núñez, J. M. Ruiz y L. Romero. 2005. Biosíntesis de hidratos de carbono no estructurales y su distribución en plantas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike): Deficiencia vs. toxicidad de nitrógeno. *Rev. Fitotec. Mex.* 28: 55-61.
- SAS Institute. 1999. SAS System for Windows V8. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Sedano, C., G., V. A. González H., E. M. Engleman y C. Villanueva. V. 2005. Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita. *Rev. Chapingo S. Hort.* 11: 291-297.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology*. Sinauer Associates. Sunderland, MA, USA.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1994. Claves para la taxonomía de suelos. Soc. Mex. Ciencia del Suelo. Publicación Especial. Texcoco, México.
- Valadez L., A. 1989. Producción de hortalizas. Limusa. México, D. F.
- Vega M., R., J. A. Escalante, P. Sánchez, C. Ramírez y E. Cuenca. 2001. Asignación de biomasa y rendimiento en girasol en relación al nitrógeno y densidad de población. *Terra* 19: 75-81.
- Vidal M., J. L., R. Núñez, I. Lazcano, J. D. Echevers y R. Carrillo. 2006. Nutrición potásica del brócoli (*Brassica oleracea*) con manejo convencional y fertirrigación en un vertisol en invernadero. *Agrociencia* 40: 1-11.
- Villalobos R., E. 2001. Fisiología de la producción de cultivos tropicales. EUCR. San José, Costa Rica.
- Villarreal R., M., R. S. García E., T. Osuna E. y A. D. Armenta B. 2002. Efecto de dosis y fuente de nitrógeno en rendimiento y calidad postcosecha de tomate en fertirriego. *Terra* 20: 311-320.
- Witham, F. H., D. F. Blaydes, and R. M. Devlin. 1971. *Exercises in plant physiology*. Van Nostrand Reinhold. New York, NY, USA.