

# Respuesta del cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) variedad Hass a la aplicación de nitrato de potasio

## Fertilization with potassium nitrate and fruit production in 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.)

Federico Guerrero-Polanco<sup>1</sup>, Gelacio Alejo-Santiago<sup>1\*</sup>, Rufo Sánchez Hernández<sup>2</sup>, Rubén Bugarín-Montoya<sup>1</sup>, Circe Aidín Aburto-González<sup>1</sup>, Nestor Isiordia-Aquino<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nayarit, México; <sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.  
\*Autor para correspondencia: gelacioalejo@hotmail.com

Recibido: 16.11.2017 Aceptado: 01.09.2018

### Resumen

En la comunidad de la Fortuna, municipio de Tepic, Nayarit, México, ubicada en las coordenadas 21° 33' N y 104° 57' O, con una precipitación promedio anual, de 1300 - 1450 mm se evaluó el efecto de la aplicación de nitrógeno (N) y Potasio (K), utilizando nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>) en la producción de fruto y el volumen de copa en el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) variedad Hass. La evaluación se realizó durante 1 año a partir de septiembre de 2014. Los tratamientos fueron dispuestos en bloques al azar con diez repeticiones y arreglo factorial 4 x 2, donde el factor A consistió en las dosis de KNO<sub>3</sub>: 230, 460 y 690 g por árbol más un testigo sin aplicación. El factor B consistió en la aplicación y no aplicación de riego, durante la época sin lluvia en la región. Las concentraciones foliares de N y K fueron determinadas en las diferentes etapas fenológicas del cultivo. La producción de frutos, la extracción de N y K en fruto (g), y el volumen de copa (m<sup>3</sup>) del árbol fueron determinadas en el momento de cosecha. Estas variables presentaron diferencias significativas (P < 0.05) tanto en condiciones de temporal como de riego, siendo la dosis de KNO<sub>3</sub> de 690 g/árbol la que presentó los valores más altos. El incremento en producción fue de 59% y 73%, respectivamente, en comparación con el testigo; el efecto fue mayor en el sistema de riego lo cual indica que el nitrógeno y el potasio son más dinámicos en el sistema suelo-planta cuando hay disponibilidad de humedad. En este sistema se observó una correlación positiva entre la concentración foliar de N y K y la mayor producción.

**Palabras clave:** Extracción de nutrientes; Aguacate Hass; Fertilización; Nitrógeno; Potasio.

### Abstract

The aim was to quantify the effect of potassium nitrate (KNO<sub>3</sub>) on fruit production and canopy volume in Hass avocado (*Persea americana* Mill.). In Tepic (21° 33' N y 104° 57' O), Nayarit, México, from September 2014 to September 2015, a randomized block experiment with ten replicates and 3x2 factorial treatments was established, where factor A was three doses of KNO<sub>3</sub>: 0, 230, 460 and 690 g per tree; the factor B consisted of the humidity conditions (irrigation and temporal). In different phenological stages the foliar concentration of N and K was quantified and both were correlated; nutrient extraction of K and N in fruit (g), and canopy volume (m<sup>3</sup>) were quantified. The variables of fruit production, canopy volume and nutrient extraction by fruit showed statistically significant differences under irrigation conditions, being the dose of 690 g of KNO<sub>3</sub> which showed higher values. It is concluded that fertilization with KNO<sub>3</sub> had a positive effect on fruit production per tree (kg), both under the condition of rainy and irrigation, the increase production was 59 % and 73 % respectively, compared to the control; the effect was greater under irrigation condition which indicates that nitrogen and potassium are more dynamic in the soil-plant system when moisture is available. In the system with irrigation, a positive correlation was observed between the foliar concentration of N and K, which finally favored a higher production.

**Key words:** Nutrient extraction; Avocado Hass trees; Nutrition; Irrigation; Nitrógeno; Potasio.

## Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill) es el producto agrícola mexicano que más se exporta y su cultivo tiene un rol importante en la economía de México. Se cultiva principalmente en los estados de Michoacán, Jalisco, Estado de México y Nayarit (SIAP, 2016). De acuerdo con Salazar-García et al. (2009) en el estado de Nayarit se alcanza un rendimiento promedio de 7.7 t/ha en condiciones de temporal y de 11.14 t/ha en condiciones de riego, aunque con buen manejo es posible alcanzar producciones de 28 t/ha.

El riego y la fertilización adecuados son componentes de manejo que permiten satisfacer los requerimientos nutritivos del cultivo de aguacate, no obstante deben ser aplicados en dosis y frecuencias balanceadas para evitar pérdidas por lixiviación y contaminación de mantos acuíferos (Zamudio-González et al., 2011). En frutales tropicales como mango, litchi y cítricos, la aplicación de nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) contribuye a incrementar significativamente la producción, esto se debe a que los iones nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ) actúan en sinergia, lo que facilita la absorción de ambos nutrientes por las raíces de las plantas (Navarro y Navarro, 2014). De acuerdo con (Rufty et al., 1982) el ion  $\text{K}^+$  actúa como co-transportador del ion acompañante  $\text{NO}_3^-$  dentro del xilema de la planta, lo que incrementa entre 75 y 90% la tasa de absorción de ambos. Durante el transporte, el ion  $\text{NO}_3^-$  se mueve desde la raíz hacia las partes aéreas, para posteriormente reciclarse a través del floema como malato, o bien ser absorbido a través de las raíces mediante una vía activa; en ambos casos, el  $\text{K}^+$  facilita el proceso activo de absorción de nutrientes (Streeter y Barta, 1984).

Este sinergismo reconocido entre  $\text{K}^+$  y  $\text{NO}_3^-$  permite incrementos significativos en la producción de algunos frutales, ya que el ion  $\text{K}^+$  es responsable del transporte de carbohidratos hacia los frutos, mientras que el N es un constituyente de la clorofila, lo que permite una mayor tasa fotosintética (Singh et al., 2015). En México la información sobre el efecto de la fertilización con  $\text{KNO}_3$  en aguacate variedad Hass es escasa. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de este cultivo cuando se aplica  $\text{KNO}_3$  en condiciones de riego y de temporal.

## Materiales y métodos

### Localización y clima

La investigación se realizó durante 1 año a partir de septiembre 2014, en un huerto comercial de aguacate variedad Hass de 8 años de edad, establecido en la comunidad de La

Fortuna, municipio de Tepic, Nayarit, México, ubicada en las coordenadas 21° 33' N y 104° 57' O. La precipitación, promedio anual, en la región es de 1300 - 1450 mm, la temperatura de 29 °C, y se encuentra a 774 m.s.n.m. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano  $\text{Aw}_2$  (w), el porcentaje de lluvia invernal es menor de 5 mm, el mes de máxima precipitación es julio con 365.7 mm y el mes más seco es mayo con 7.8 mm; los meses más cálidos son junio y julio, el mes más frío es enero con 17.1 °C. El suelo es Cambisol, con profundidad máxima de 1.0 m y se caracteriza por poseer textura media y pH ligeramente ácido. Antes de la aplicación de los tratamientos en campo, se realizaron análisis físicos y químicos de suelos que incluyeron materia orgánica (MO), pH, conductividad eléctrica (CE), bases intercambiables, fósforo disponible, densidad aparente (DA) y textura, de acuerdo con las metodologías aceptadas por la Norma Oficial Mexicana de Análisis de Suelos (DOF, 2000).

### Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental en bloques al azar, con un arreglo factorial 4 x 2, donde el primer factor lo constituyeron las dosis de  $\text{KNO}_3$  y el segundo dos condiciones de humedad (aplicación de riego y temporal). Se utilizaron diez repeticiones y 80 unidades experimentales consistentes en árboles de 8 años de edad, los cuales se seleccionaron con base en sus características similares de altura (4.5 - 5 m), vigor y producción en el año inmediatamente anterior (Tabla 1).

**Tabla 1.** Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Dosis de $\text{KNO}_3$ (g/árbol)	Condición de humedad
1	0	Riego
2	230	Riego
3	460	Riego
4	690	Riego
5	0	Temporal
6	230	Temporal
7	460	Temporal
8	690	Temporal

### Manejo de la fertilización

En los árboles en el tratamiento temporal se suprimió la aplicación de riego y al inicio de la temporada de lluvias se aplicó la dosis total de fertilizante, la cual comienza en julio y termina en septiembre. Esta práctica se hizo de forma manual distribuyendo el fertilizante donde se

marca la copa del árbol en un radio de 60 cm alrededor del tallo y posterior incorporación entre 10 y 15 cm de profundidad en el suelo.

En el tratamiento con riego, los árboles recibieron 30% de la dosis de fertilizante al comienzo de la temporada de lluvias (julio) y el 70% restante se aplicó dividido en 16 fracciones cada semana entre febrero y mayo. El riego se aplicó por microaspersión semanalmente a partir febrero a razón de 100 litros de agua/árbol.

### Concentración de N y K en hojas

Para estas mediciones, en las etapas fenológicas del cultivo —vegetativa, floración, amarre de fruto y crecimiento de fruto— se recolectaron ocho hojas maduras y sanas por árbol, localizadas en la posición seis de brotes sin fructificación. Estas hojas fueron lavadas, primero con agua potable y posteriormente, con agua destilada. Una vez deshidratadas en estufa con aire forzado a 70 °C durante 72 h fueron utilizadas para determinar las concentraciones de N total por el método Kjeldahl y K por flamometría (Alcántar y Sandoval, 1999).

### Extracción de N y K en fruto

Al momento de cosecha se seleccionaron al azar 25 frutos en cada tratamiento para medir el peso en fresco. La materia seca (MS) de cada componente del fruto (epicarpio, pulpa y semilla) se determinó mediante el método termo-gravimétrico, el cual consiste en seccionar dichos componentes para determinar el peso húmedo, antes de secarlos en estufa con aire forzado a 70 °C durante 72 h o hasta obtener peso constante; finalmente, se pasaron por un molino para obtener las muestras para análisis de nutrientes. Con base en la concentración de estos en cada componente, la MS y la producción de frutos/árbol, se calculó la extracción K y N por fruto y por árbol.

### Volumen de dosel y producción de frutos

Al comienzo y al final del ensayo se estimó el volumen de copa del árbol utilizando la metodología propuesta por Mickelbart et al. (2007), que emplea la ecuación 1.

La producción de frutos (kg/árbol) fue determinada cuando estos presentaron un contenido de MS de 22% acumulada en pulpa.

$$V = \left(\frac{4}{3} \pi ab^2\right) \quad (\text{Ecuación 1}),$$

donde,  $V$  = volumen de copa ( $\text{m}^3$ ),  $a$  = radio del semi-eje mayor (altura del árbol) y  $b$  = radio del semi-eje menor (diámetro de copa).

### Análisis estadístico

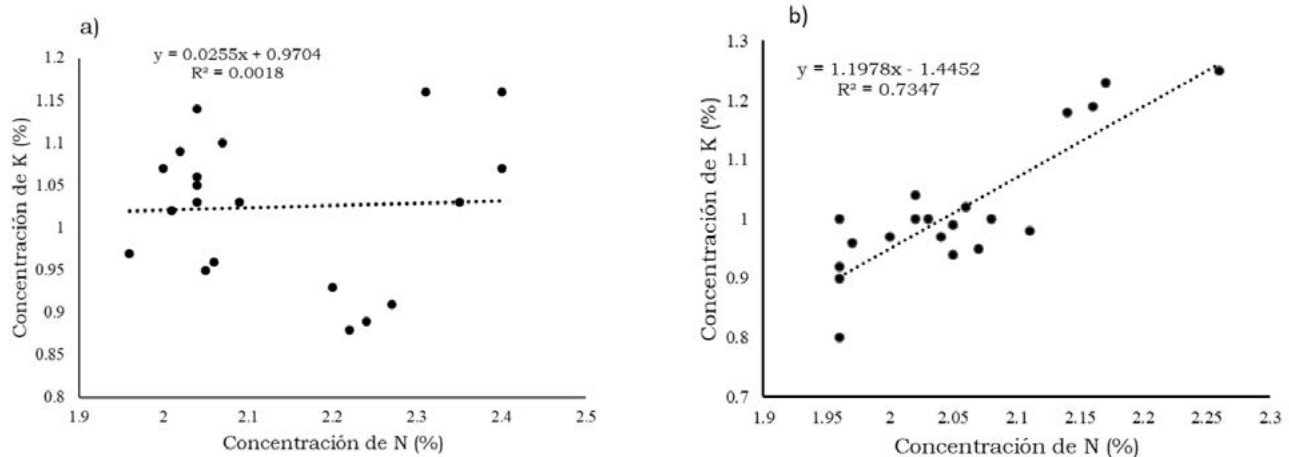
Para el análisis de respuesta se emplearon análisis de correlación y de varianza, y pruebas de media Waller-Duncan ( $P < 0.05$ ), a través del programa estadístico SAS (Statistical Analysis System [SAS Institute], 2004) para Windows.

### Resultados y discusión

Los suelos en el sitio experimental son franco arcillosos, con DA de  $1.2 \text{ mg/m}^3$ , contenido de M.O. de 3%, una C.E ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de 0.10,  $\text{pH} = 6.5$ ;  $P_{(\text{Bray})} = 40 \text{ mg/kg}$ ;  $K_{\text{interc}} = 850 \text{ mg/kg}$ ,  $\text{Ca}_{\text{interc}} = 2500 \text{ mg/kg}$  y  $\text{Mg}_{\text{interc}} = 598 \text{ mg/kg}$ .

### Concentración de N y K en tejido foliar

En el tratamiento temporal la correlación entre la concentración de N y K en el tejido foliar fue baja ( $R^2 = 0.0018$ ) (Figura 1a), mientras que en el tratamiento riego se observó una correlación positiva significativa ( $R^2 = 0.73$ ,  $P < 0.05$ ) (Figura 1b).



**Figura 1.** Relación entre concentración de N y K en tejido foliar de aguacate Hass (a) Sistema de temporal, (b) Sistema de riego.

El nivel de correlación entre la concentración de N y K en tejido foliar confirma el sinergismo entre ambos nutrientes, lo cual coincide con los hallazgos de Navarro y Navarro (2014) y Rufty et al. (1982), especialmente cuando el N se aplicó en forma de nitrato y aplicación de riego.

La absorción de N por las plantas en forma de  $\text{NO}_3^-$  ocurre principalmente mediante flujo de masas (Matimati et al., 2014) debido a su forma aniónica la cual no le permite adherirse a los minerales arcillosos y, por lo tanto, permanece en la solución del suelo. Este mismo sistema de absorción ocurre parcialmente para el  $\text{K}^+$  y se complementa con el sistema de difusión. Ambos sistemas de absorción son dependientes de la disponibilidad de agua en el suelo, lo que explica la efectividad observada por la utilización de  $\text{KNO}_3$  en la fertilización del cultivo y la correlación entre el K y N en árboles fertilizados con  $\text{KNO}_3$  bajo la aplicación de riego, lo cual no ocurre bajo condiciones de déficit de agua (Gonzalez-Dugo et al., 2010). Maldonado et al. (2012) encontraron que la fertilización en el cultivo de aguacate tiene un efecto tardío hasta de 2 años; no obstante este efecto en el presente estudio se observó de forma temprana en el mismo ciclo de producción de 1 año, lo que indica el sinergismo entre N y K cuando se aplica  $\text{KNO}_3$  bajo condiciones de irrigación.

### Extracción de N y K por fruto

En el tratamiento riego se encontraron diferencias significativas entre las cantidad de N y K extraídos por árbol. La mayor extracción de N fue de 466.47 y de K de 1021.80 g, la cual se registró

en el tratamiento de 690 g/árbol de  $\text{KNO}_3$ . En este mismo tratamiento las menores extracciones fueron, respectivamente, de 219.32 y 478.60 g, registradas en el tratamiento sin fertilización (testigo). La interacción sistema de producción con riego x sistema de producción en temporal fue altamente significativa. Como se observa en la Tabla 2 la mayor extracción de N y K se presentó en los tratamientos con riego.

La extracción de  $\text{K}^+$  por el fruto fue dos veces más alta que la de N, resultado que coincide con los hallazgos de Salazar et al. (2011) quienes encontraron que tanto en condiciones de riego como de temporal, el potasio es el nutrimento que más se encuentra en el fruto. Pathak y Mitra (2010) en frutales tropicales como litchi y limón encontraron resultados similares a los investigadores antes citados. Es importante señalar que tanto el potasio como el nitrógeno intervienen en procesos clave como la fotosíntesis y el transporte de fotosintatos hacia el fruto. En México la mayoría de los suelos en regiones frutícolas son altos en potasio, por esta razón se le ha prestado poca importancia a este nutrimento en los programas de fertilización (Aburto et al., 2013). Es importante señalar que el aguacate es una planta con un volumen radicular reducido de crecimiento superficial, así, 70% de raíces tiene diámetro < 2 mm localizadas hasta 20 cm de profundidad en el suelo (Salazar-García et al., 1986), por esta condición es posible que aunque el contenido de K intercambiable sea alto, la tasa de absorción del nutrimento no sea suficiente para satisfacer la necesidad del cultivo, por la baja capacidad de exploración de su sistema radicular.

**Tabla 2.** Extracción de nitrógeno y potasio (g) en árboles de aguacate Hass, con diferentes dosis de  $\text{KNO}_3$  y condición de humedad.

$\text{KNO}_3$ (g)	Riego		Temporal	
	N	K	N	K
0	219.3 ± 58.2 c	478.6 ± 115.4 b	187.2 ± 125.8 a	416.3 ± 285.7 a
230	321.7 ± 51.6 b	717.4 ± 110.9 b	205.3 ± 74.9 a	433.0 ± 163.8 a
460	357.1 ± 51.4 b	695.8 ± 140.2 b	227.7 ± 72.2 a	459.5 ± 195.7 a
690	466.4 ± 103.3 a	1021.8 ± 348.7 a	290.9 ± 33.0 a	640.6 ± 65.4 a
Pr<F	0.0004**	0.0062**	0.26 <sup>NS</sup>	0.27 <sup>NS</sup>
CV	20.4	28.04	42.49	41.36
Condición de humedad				
Riego	341.17 ± 66.20 a	728.37 ± 178.85 a		
Temporal	227.83 ± 76.52 b	487.31 ± 177.70 b		
Pr<F	< 0.0001**	0.00034**		
C.V.	26.98	35.61		

Comparación de medias en las columnas, por Duncan, P = 0.05; \*\* = altamente significativa (P < 0.01); NS= no significativa.

### Volumen de copa de árbol

El volumen de la copa del árbol al finalizar el experimento, tanto en la condición de riego como de temporal, fue mayor ( $P < 0.05$ ) con la aplicación de 690 g/árbol de  $KNO_3$  (Tabla 3).

por ej., en mango variedad Kent se obtuvo una producción de 138 kg/árbol con la aplicación de 325 g de  $K_2O$ , y en la variedad Tommy Atkins se obtuvieron 187 kg con la aplicación de 572 g de  $K_2O$  (Salazar et al., 2015). En el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) cv. Valencia se obtuvo

**Tabla 3.** Efecto de  $KNO_3$  en volumen ( $m^3$ ) de copa de aguacate Hass.

Dosis $KNO_3$ (g/árbol)	Riego		Temporal	
	Inicial	Final	Inicial	Final
0	30.0 ± 5.6 a	42.2 ± 5.6 ab	28.6 ± 6.0 a	39.4 ± 9.5 b
230	27.6 ± 6.0 a	41.0 ± 10.0 ab	28.4 ± 5.4 a	41.3 ± 8.1 b
460	23.4 ± 6.2 a	36.0 ± 10.2 b	31.8 ± 5.1 a	48.3 ± 7.5 ab
690	28.6 ± 6.1 a	50.5 ± 9.6 a	33.7 ± 5.1 a	51.5 ± 8.1 a
Pr<F	0.22	0.0022**	0.26 NS	0.004**
CV.	25.04	23.57	28.15	33.05
Condición de humedad				
Riego	27.45 ± 5.6	42.46 ± 8.9		
Temporal	30.68 ± 5.19	45.15 ± 8.1		
Pr<F	0.06 <sup>NS</sup>	0.25 <sup>NS</sup>		
C.V.	19.62	17.88		

Comparación de medias en las columnas, por Duncan,  $p = 0.05$ ; \*\* = altamente significativa ( $P < 0.01$ ); NS = no significativa.

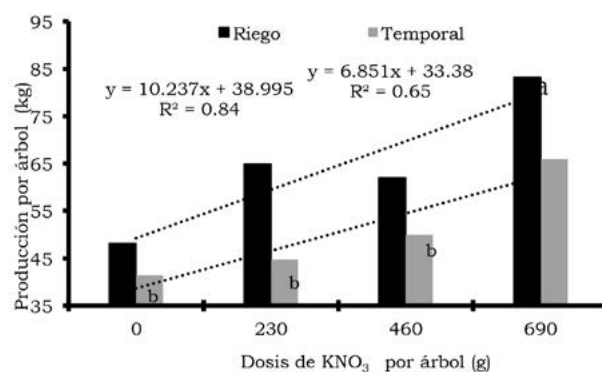
Los resultados corresponden a la fertilización con  $KNO_3$  durante un único ciclo de producción y están ligados con la dosis de fertilización tanto en condiciones de temporal como de riego. Esto se explica por la movilidad de ambos nutrientes dentro de la planta, una vez que son absorbidos, especialmente hacia los puntos de crecimiento y mayor demanda como son los brotes vegetativos, reproductivos o producción de frutos. El incremento de volumen de copa en árboles se atribuye principalmente al nitrógeno y su efecto en la producción de biomasa (Jungers et al., 2015).

### Producción de fruto

La producción de fruta fue diferente ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos riego vs. temporal, con una correlación positiva entre la dosis de  $KNO_3$  y la producción de fruto por árbol ( $R^2 = 0.84$ ,  $P < 0.05$ ) en el primero y baja para el tratamiento temporal ( $P < 0.65$ ) (Figura 2). Con riego la mayor producción de fruto/árbol fue de 83 kg y la dosis de 690 g/árbol de  $KNO_3$ , mientras que en dosis menores que 460 g/árbol de  $KNO_3$  no se observaron diferencias estadísticas con respecto al tratamiento control. En temporal, la producción en la dosis alta de 690 g/árbol de  $KNO_3$  fue diferente ( $P < 0.05$ ) en comparación con las dosis inferiores.

Los resultados en este estudio coinciden con otros estudios de fertilización potásica en frutales cultivados en condiciones de temporal;

un aumento de 3 % en el rendimiento con la aplicación de 3 Kg por árbol de K, pasando de una producción de 102 kg a 140 kg (Rodríguez et al., 2005).



**Figura 2.** Efecto de la aplicación de  $KNO_3$  en la producción de aguacate Hass, en temporal y riego. Comparación de medias, por Duncan,  $p = 0.05$ .

### Conclusiones

La fertilización con  $KNO_3$  tuvo un efecto positivo en producción de fruto por árbol de aguacate variedad Hass, tanto en condiciones de temporal como de riego. El incremento en producción por disponibilidad de humedad fue de 59% y 73%,

respectivamente, en comparación con el testigo, lo que indica una mayor absorción de N y K en presencia de una adecuada disponibilidad de agua en el suelo.

En el sistema con riego se observó una correlación positiva entre la concentración foliar de N y K, que finalmente favoreció a una mayor producción.

La fertilización con  $KNO_3$  en condiciones de temporal tiene un efecto positivo en la producción de frutos; no obstante este efecto es mayor en la producción del dosel de la planta de aguacate Hass.

## Referencias

- Aburto, G. C. A., Alejo, S. G., y Luna, E. G. (2013). Dinámica de absorción de potasio en el cultivo de litchi *Litchi Chinensis* Sonn. *Rev. Educate con ciencia*. 2(2):112-120. [http://tecnocientifica.com.mx/libros/memorias\\_congreso\\_2.pdf#page=112](http://tecnocientifica.com.mx/libros/memorias_congreso_2.pdf#page=112).
- Alcántar, G. y Sandoval, V. (1999). Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. Chapingo. Estado de México. Publ. especial. 156 p.
- DOF. (2000). Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM- 021-RECNAT-2000, que Establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreos y Análisis. Diario Oficial de la Federación. México. Tomo DLXV-12: 6-74. [http://www.diariooficial.gob.mx/busqueda\\_detalle.php?BUSCAR\\_EN=TyTIPO\\_TEXTO=Yytextobusqueda=recnatyvienede=avanzada](http://www.diariooficial.gob.mx/busqueda_detalle.php?BUSCAR_EN=TyTIPO_TEXTO=Yytextobusqueda=recnatyvienede=avanzada).
- Gonzalez-Dugo, V., Jean-Louis D. y Gastal. F. (2010). Water deficit and nitrogen nutrition of crops. A review. *Agron. Sust. Develop. Agron.* 529-544. <https://doi.org/10.1051/agro/2009059>
- Jungers, J. M., Sheaffer, C. C., y Lamb, J. A. (2015). The effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on prairie biomass yield, ethanol yield, and nutrient harvest. *BioEnergy Res.* 8 1:279 - 291. [doi.org/10.1007/s12155-014-9525-6](https://doi.org/10.1007/s12155-014-9525-6).
- Mickelbart, M. V., Bender, G. S., Whitney, G. W., Adams, C., y Arpaia, M. L. (2007). Effects of clonal rootstocks on Hass avocado yield components, alternate bearing, and nutrition. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 823: 460-466. [doi.org/10.1080/14620316.2007.11512259](https://doi.org/10.1080/14620316.2007.11512259).
- Maldonado, P.R., Santos, A.T., Téliz, O. D., Vicente, A. V. A., y Volke, H. V. (2012). Respuesta del litchi *Litchi chinensis* Sonn. A la fertilización con NPK en el norte del estado de Oaxaca. México. *Rev. Fitotecnía Mex.* 353:251-258. <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/35-3/7a.pdf>.
- Matimati, I., Verboom, G. A., y Cramer, M. D. (2014). Nitrogen regulation of transpiration controls mass flow acquisition of nutrients. *J. Exp. Bot.* 65 1: 159-168. [doi 10.1093/jxb/ert367](https://doi.org/10.1093/jxb/ert367)
- Navarro, G. G., y Navarro, G. S. (2014). Fertilizantes, química y acción. España: Mundi-Prensa.
- Pathak, P. K., y Mitra, S. K. (2010). Rate and time of potassium fertilization influence yield and quality of litchi. *Acta Hort.* 863: 235-242. [Doi: 10.17660/ActaHortic.2010.863.30](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.863.30)
- Rodríguez, A., Mazza S., Martínez C., y Ferrero, A. (2005). Zn and K influence in fruit sizes of Valencia orange. *Rev. Brasil. Frutic Jaboticabal.* 27:132-135. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452005000100035>
- Rufty, T.W., Jackson, W. A., y Raper, C. D. Jr. (1982). Inhibition of nitrate assimilation in roots in the presence of ammonium: The moderating influence of potassium. *J. Exp. Bot.* 33 137:1122-1137. [doi.org/10.1093/jxb/33.6.1122](https://doi.org/10.1093/jxb/33.6.1122)
- Salazar, S; Durán, I., y Vargas, L. (2011). Influencia del clima, humedad del suelo y época de floración sobre la biomasa y composición nutrimental de frutos de aguacate 'Hass' en Michoacán, México. *Rev. Chapingo Serie Horticultura.* 17:183-194. <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=60920970010>
- Salazar-García S., y Cortés-Flores, J. I. (1986). Root distribution of mature avocado trees growing in soils of different texture. *California Avocado Soc. Yearbook.* 70:165-174. [http://www.avocadosource.com/cas\\_yearbooks/cas\\_70\\_1986/cas\\_1986\\_pg\\_165-174.pdf](http://www.avocadosource.com/cas_yearbooks/cas_70_1986/cas_1986_pg_165-174.pdf)
- Salazar-García, S., Cossio-Vargas, L.E., y González-Duran, I. J. L. 2009. La fertilización de sitio específico mejoró la productividad del aguacate Hass en huertos sin riego. *Agric. Téc. México.* 354: 436-445. <http://scielo.unam.mx/pdf/agritm/v35n4/v35n4a9.pdf>.
- Statistical Analysis System. SAS. (2004). SAS User's Guide, version 9.4. Cary, USA: Author.
- SIAP. (2016). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>
- Singh S. K., Reddy, V. R., Sharma, M. P., y Agnihotri, R. (2015). Dynamics of plant nutrients, utilization and uptake, and soil microbial community in crops under ambient and elevated carbon dioxide. In: *Nutrient use efficiency from basics to advances*. Ed. Rakshit A., Singh H. B., Sen A. Springer. New Delhi N.Y. USA. 423 pp. [doi 10.1007/978-81-322-2169-2](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2169-2).
- Streeter, J.G., y Barta, A.L. (1984). *Nitrogen and Minerals*. En: *Physiological Basis of Crop Growth and Development*. pp. 175-200. Tesar, M.B., Ed; American Society of Agronomy: Madison, WI. USA.
- Zamudio-González, B., Mendoza-Nicolás, E., Alcántar-González, G., Etchevers-Barra, J.D., y Vázquez-Alarcón, A. (2011). Pérdida de nitratos y salinización del suelo por riego por goteo con nitrógeno. *Terra Latinoamericana.* 9(3):239-248. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttextypid=S0187-57792011000300239](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttextypid=S0187-57792011000300239)