

## **EVALUACION DE FUENTES DE POTASIO EN AGUACATE EN TANCITARO, MICH**

L.M. Tapia, A. Larios, J. Anguiano y J. A. Vidales.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Av. Latinoamericana 1101. Uruapan, Michoacán, México Correo electrónico: [tapia.luismario@inifap.gob.mx](mailto:tapia.luismario@inifap.gob.mx)

El potasio es el elemento nutritivo que el fruto de aguacate más extrae de las huertas con hasta 50 kg por 10 ton de fruta, sin embargo, sólo un 24% del fertilizante aplicado contiene potasio. El objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes fuentes de fertilizante potásico, en relación con la nutrición y el rendimiento de fruto. El trabajo se efectuó en Tancitaro, Mich., en una huerta de 12 años de edad de enero de 2004 a diciembre de 2006. Los tratamientos evaluados fueron 1. Aplicación de Solupotasse al suelo (S), 2. Aplicación de Solupotasse al suelo más Solupotasse foliar al 3% (S+F), 3. Aplicación de Granupotasse al suelo (G), 4. Aplicación de Granupotasse al suelo más Solupotasse foliar al 3% (G+F) y 5. Aplicación de Nitrato de Potasio al suelo ( $\text{KNO}_3$ ). Los datos registrados de la solución del suelo fueron pH, salinidad, concentración de +K, del cultivo concentración de +K foliar y K total, rendimiento y calidad de fruto. Los resultados indican que el pH y la salinidad no son alterados por las fuentes de K con valores promedio de 6.8 y 0.35  $\text{mS cm}^{-1}$ . La disponibilidad de +K en la solución del suelo fue mayor en  $\text{KNO}_3$  con 70 ppm en promedio seguido de 46 ppm en G y el menor fue en S con 34 ppm, el K total (%) foliar fue mayor en G+F con 1.09% y el menor fue en S y  $\text{KNO}_3$  con 0.89%. El porcentaje de materia seca en fruto fue mayor en S con valores medios de 23.4% contra 23.1 en G+F y 20.6 en G. El rendimiento de fruto fue mayor en G+F con 130.9  $\text{kg árbol}^{-1}$ , seguido de S+F con 130.4, G con 116.5, S con 89.5 y  $\text{KNO}_3$  con 103.3  $\text{kg árbol}^{-1}$ .

## **EVALUATION OF POTASSIUM SOURCES IN AVOCADO IN TANCITARO, MICH.**

L.M. Tapia, A. Larios, J. Anguiano and J. A. Vidales.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Av. Latinoamericana 1101. Uruapan, Michoacán, México Correo electrónico: [tapia.luismario@inifap.gob.mx](mailto:tapia.luismario@inifap.gob.mx)

Potassium is the main nutrient in avocado fruit reaching up to 50 kg of potassium per 10 ton of fruit; nevertheless, just 24% of fertilizer applied by producers contains potassium. The aim of this paper was to evaluate different sources of potassium fertilizers and its effects on fruit nutrition and yield. This experiment was conducted in Tancitaro, Mich., in a twelve-year-old orchard from January 2004 to December 2006. Treatments evaluated were 1. Solupotasse applied to soil (S), 2. Solupotasse applied to soil plus foliar Solupotasse 3% (S+F), 3. Granupotasse applied to soil (G), 4. Granupotasse applied to soil plus 3% foliar Solupotasse (G+F), and 5.  $\text{KNO}_3$  applied to soil. Data collected were pH, salinity and +K concentration of soil solution; also K foliar (%), Yield and quality fruit, dry

matter, fruit size and oil fruit content were measured. Results indicated that soil pH and salinity are not modified by potassium sources with mean values of 6.8 and 0.35 mS cm<sup>-1</sup>, respectively. + K available was higher in KNO<sub>3</sub> with an average of 70 ppm, followed by G with 46 ppm, being S the lowest with 34 ppm. K foliar (%) was higher in G+F (1.09%) and the lowest was KNO<sub>3</sub> with 0.89 %. The percentage of fruit dry mater content was higher in S with 23.4% against 23.1% in G+F and 20.6% in G. Yield fruit was higher in G+F with 130.9 kg tree<sup>-1</sup>, followed by S+F with 130.4 kg tree<sup>-1</sup>, G 116.5, S with 89.5 and KNO<sub>3</sub> with 103.3 kg tree<sup>-1</sup> average after three years.

## Introducción

El cultivo del aguacate en el estado de Michoacán se practica en más de 90,000 ha con una tasa de crecimiento anual de 4%. El volumen de producción anual ronda las 800 mil toneladas, las cuales con un rendimiento medio de 10 ton/ha de fruta, significan importante salida de nutrimentos dentro del fruto que se aproximan a 26, 14.5 y 47 kg de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente (Salazar 2004). Esta salida de nutrimentos en suelos de ando, con importantes limitaciones en cuanto a la retención de fósforo (Alcalá et al 2002), por el alto contenido de alófono y debido a las abundantes precipitaciones de la zona aguacatera que ocasiona el problema de lavado de cationes básicos (K, Ca, Mg) y de nitrógeno inorgánico, conforma una situación que requiere un manejo nutrimental acorde al cultivo para suplir sus necesidades nutritivas en un medio que por su propia naturaleza, no provee los nutrimentos necesarios (Astier et al 2006).

Los productores aguacateros de Michoacán, conocen las limitaciones de disponibilidad nutricional de los suelos de ando donde se desarrolla el aguacate, por ello, se ajustan a un plan de manejo nutrimental a lo largo del año con objeto de proporcionar los nutrientes necesarios, que el suelo no puede liberar (Torres 2007). El manejo nutricional incluye la aplicación de materia orgánica composteada, fertilización mineral en dos o tres oportunidades, fertilización foliar, fertilización con micronutrimentos y uso de sustancias nutritivas o mejoradores de suelo complementarias como ácidos húmicos, compuestos de calcio y compuestos quelatados.

Por cantidad de insumo fertilizante aplicado al aguacate en Michoacán, los productos con nitrógeno, fósforo y potasio, que representan el 85% del fertilizante mineral utilizado. De estos productos principales, el 45% contiene nitrógeno un 33% es a base de fósforo y sólo un 22% tiene potasio en sus componentes (Tapia et al 2006a). El potasio en general, es un elemento que se considera abundante en los suelos aguacateros, sin embargo, los reportes de laboratorio en cuanto al contenido de potasio reportan K total, el cual, en su mayor proporción (>85%), puede estar no disponible para las plantas (Ramos et al 2006), además, el potasio disponible puede diferir su cantidad, dependiendo el

método de extracción y aún de la humedad del suelo (Roldán et al 2003). Debido a la importancia del potasio en la composición del fruto de aguacate y su limitada disponibilidad en los suelos aguacateros de Michoacán, se propuso evaluar diferentes fuentes de fertilizante potásico y su efecto en la nutrición, la disponibilidad en el suelo y el rendimiento de fruto de aguacate en Michoacán.

### Materiales y Métodos

El experimento se estableció en Choritiro, localizado en el km 70 de la carretera Uruapan- Apo del Rosario, en Tancítaro, Mich., la zona productora de aguacate más importante de Michoacán. La huerta esta plantada a un marco de 10 x 10 m con la variedad Hass. El suelos es Andept ustic conocido como "tupure". Este suelo es derivado de cenizas volcánicas con pH of 5.9, E.C. < 1 dS m<sup>-1</sup> y CIC de 12 meq 100 g de suelo<sup>-1</sup>. El sitio está ubicado a 2400 m snm y el agua de riego procede de un manantial, con menos de 100 µS/cm. Los tratamientos evaluados fueron cinco manejos de potasio, con nitrógeno y fósforo más micronutrientes y compostas en cantidades sugeridas para cada etapa de desarrollo (Tapia et al 2006b). Los tratamientos fueron los siguientes: 1 Solupotasse (S), 2. Solupotasse más Solupotasse foliar al 3% (S+ F), 3. Granupotasse (G), 4. Granupotasse más Solupotasse foliar al 3% (G + F), 5. Nitrato de potasio 12-45-0 (Control). Las aplicaciones foliares iniciaron en fruto tamaño cerillo hasta madurez <sup>3</sup>/<sub>4</sub>. Los tratamientos fueron distribuidos en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental constó de ocho árboles de los cuales se tomaron dos árboles como parcela útil. Los datos evaluados fueron disponibilidad mensual de K<sup>+</sup> en la solución del suelo con el medidor Horiba K<sup>+</sup> ®, a 25 cm de profundidad, así como el pH y la salinidad de la solución muestreada con potenciómetro y conductivímetro portátil Horiba ®. Los dispositivos para extraer la solución del suelo fueron cápsulas de cerámica operando a 10-20 kPa al momento del muestreo y enterradas a 25 cm de profundidad. En hoja se realizó muestreo trimestral de la cuarta hoja terminal de ramas sin frutos maduras y sin daños de plagas o enfermedades, para determinar el contenido de potasio total en laboratorio. Bimestralmente se evaluó el contenido de K<sup>+</sup> en savia con medidor Horiba ® entre las 8:00 y las 10:00 horas cada muestreo. En el tercer año del experimento se evaluó la materia seca de los frutos en cosecha, así como el contenido de aceite. En cada año del experimento, se evaluó el rendimiento de fruto de calibre mayor a 180 gramos no contabilizando el fruto de menor peso, de cada tratamiento. Se efectuó análisis de varianza de las variables consideradas, de acuerdo al diseño experimental (SAS v. 1997). El contenido de aceite en fruto fue evaluado con la expresión:

$$\text{Aceite} = \text{ODM} * (100 - \text{WFC}) \quad (\%)$$

Donde:

ODM= Aceite en materia seca (%)

WFC= contenido de agua en fruto

$$\text{WFC} = 100 - \left[ \frac{\text{DE}}{\text{WE}} \times 100 \right]$$

Donde:

DE= peso seco de pulpa (g)  
 WE= peso húmedo de pulpa (g)

Se aplicó la metodología de Kenworthy (Aguilera et al 2005), para diagnosticar el desempeño del potasio en la hoja derivado del análisis de laboratorio. Los valores estandar utilizados y el coeficiente de variación para analisis de potasio, fueron referidos por Palacios (1986), con valor estándar para K= 1.4 y un coeficiente de variación igual a 15.6%.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1. se muestran los resultados del análisis de varianza efectuado a las variables K<sup>+</sup>, pH y conductividad eléctrica de la solución del suelo, K total (%) y K en savia (ppm) y rendimiento de fruto. Estos resultados indican que hubo diferencias significativas para K<sup>+</sup> disponible en solución del suelo, pH, K total foliar, K<sup>+</sup> en savia, materia seca en fruto de floración normal y rendimiento de fruto con peso superior a 180 gramos. Esto indica que sólo dos variables no tuvieron efecto significativo que fue la salinidad de la solución del suelo y el contenido de aceite en fruto. Los resultados son importantes porque se muestra que el potasio es un elemento con fuerte impacto en las variables del suelo, de la planta y del rendimiento y la calidad del fruto.

Las medias de cada tratamiento, se muestran en el Cuadro 2, para las variables concentración de K<sup>+</sup> en solución del suelo, pH y salinidad. Las diferencias detectadas en pH y K<sup>+</sup> indican que los tratamientos que implican aplicaciones de Granupotasse y Solupotasse, presentan un incremento en el pH de la solución del suelo hacia un valor menos ácido, este efecto pudiera tener un efecto benéfico al suelo en relación con una menor acidez del mismo. Las diferencias son significativas y el rango favorable esta entre 6.77 a 6.97 contra 6.27 logrado en control. La concentración de K<sup>+</sup> en la solución del suelo, reveló que el tratamiento control permite tener las cantidades máximas de K<sup>+</sup> disponible con 69.9 ppm en promedio anual, diferente del resto de los tratamientos con un rango entre 34 y 46 ppm de K<sup>+</sup> disponible. La utilidad de estos dispositivos para conocer al momento la concentración de elementos nutritivos como el potasio, es explicada por Skogley et al (1996), con aplicaciones para determinaciones in situ que como en este trabajo se pudo conocer en tiempo real la disponibilidad de K<sup>+</sup> en el suelo.

Cuadro 1. Análisis de varianza de las variables registradas en aguacate con cinco fuentes de potasio en tres años de estudio.

Table 1. Analisis of variance of the registered variables in avocado under five potassium sources in three study years.

Variable	Cuadrado medio tratamiento	Efecto de tratamientos				
		G.L.	Cuadrado medio error	G.L. error	Fc	Pr>F

K solución suelo	10062.0	4	2574.7	203	3.91 **	0.004
pH	3.79	4	0.25	203	15.03 **	0.0001
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0.012	4	0.37	203	0.33	0.85
K total (%)	0.1055	4	0.122	48	8.60 **	0.0001
K savia (ppm)	1068958.3	4	328827.9	92	3.3 *	0.015
Aceite flor normal (%)	9.19	4	5.57	28	1.65	0.18
Matéria seca flor normal (%)	31.1	4	10.8	28	2.9 *	0.04
Rendimiento de fruto (kg árbol <sup>-1</sup> )	7666.8	4	2896.3	108	2.70 *	0.03

\* = Significancia (p<0.05), \*\*= Significancia (p<0.05), NS = No hay significancia (p>0.05).

Una posible ventaja de la utilización de los tratamientos S y G es que en este trabajo se encontró la posibilidad de elevar el pH de la solución del suelo, con respecto al control al pasar de 6.3 a 6.8, lo que provee un mejor medio para el desarrollo del cultivo y la absorción nutrimental, ya que ciertos compuestos, pueden activarse en medios ácidos y limitar la disponibilidad de P, Mo, S y B que son nutrientes básicos para el aguacate.

Respecto a la concentración de K<sup>+</sup> (%) foliar los valores promedios de los tres años se muestran en el Cuadro 3. Claramente se aprecia que todos los tratamientos excepto S son superiores en la concentración de K total foliar (%) en la hoja, siendo más alto G+F con 1.04%, G con 1.04 % y S+F con 0.97%, ello a pesar que en Control se tenía mayor disponibilidad en la solución del suelo con 69.9 ppm de K<sup>+</sup>, esto indica un posible efecto incremento en la cantidad de K foliar por las aspersiones al follaje o una mayor absorción del K por las raíces del cultivo en los tratamientos alternativos. Este efecto se sostuvo en la cantidad de K<sup>+</sup> en savia foliar ya que el tratamiento control presentó el menor nivel con 1958.3 ppm de K<sup>+</sup> en savia, mientras que los demás tratamientos presentaron mayores valores, siendo significativo el tratamiento S+S con 2512 ppm de K<sup>+</sup>.

Cuadro 2. valores medios de concentración en solución del suelo de K<sup>+</sup>, pH y salinidad en cinco fuentes de Michoacán, México  
Table 2. Average values of K<sup>+</sup>, pH and EC concentration in soil solution of five potassium sources in Michoacán.

Tratamiento	pH	Conductividad eléctrica (mS/cm)	K <sup>+</sup> solución del suelo (ppm)
Granupotasse + Foliar Sol.	6.97 a	0.359	44.5 b
Granupotasse	6.85 a	0.345	46.0 b
Solupotasse + Foliar solupotasse	6.85 a	0.312	38.1 b
Solupotasse	6.77 a	0.343	34.3 b
KNO <sub>3</sub>	6.27 b	0.345	69.9 a

MSD (Tukey 5%)	0.21	0.08	21.4
----------------	------	------	------

El resto de tratamientos tuvo mayor cantidad de K en savia con valores superiores a 2000 ppm de K<sup>+</sup>. En relación con el rendimiento de fruto calibre superior a 180 gramos, los tratamientos G+F y S+F tuvieron los mayores rendimientos, con valores de 130.9 y 130.4 kg de fruta por árbol en promedio de los tres años estudiados. Esto indica que así como ambos tratamientos pueden tener mayor cantidad de K total y K en savia, también se refleja esta condición en el rendimiento de fruto el cual fue superior estadísticamente al tratamiento S con 89.5 kg/árbol y aunque no significativo si por encima de los 103 kg logrados en el Control y 116.5 logrados en G.

El índice de balance del potasio de acuerdo a la metodología de Kenworthy se presenta en la Figura 1. Se aprecia de manera clara que G, G+F y S+S están más cercanas a un balance adecuado en el contenido de potasio foliar en todos los meses de muestreo en los tres años de estudio, en contraparte el tratamiento control sólo presenta un balance adecuado en dos eventos de 12 posibles. G alcanzó 5 fechas de balance adecuado y S alcanzó solo 4. La superioridad de G y G+S se nota porque se alcanzó un buen balance (>80<120) en 6 fechas y las demás quedaron más cerca de 80 que el resto de los tratamientos, incluido el control.

Cuadro 3. Valores medios de concentración de K foliar y rendimiento de fruto (>180 g) en cinco fuentes de potasio aplicadas en aguacate de Michoacán.

Table 3. Average values of foliar K and yield fruit (>180 g) in five potassium sources applied in avocado of Michoacán.

Numero	Tratamiento	K Foliar (%)	K savia (ppm)	Rendimiento de fruto (kg árbol <sup>-1</sup> )
4	Granupotasse + Foliar Solup. (G*S)	1.09 a	2204.2 ab	130.9 a
3	Granupotasse (G)	1.04 a	2391.7 ab	116.5 ab
2	Solupotasse + Foliar Solup.(S+S)	0.97 ab	2512.5 a	130.4 a
1	Solupotasse (S)	0.89 b	2329.2 ab	89.5 b
5	Control (KNO <sub>3</sub> )	0.89 b	1958.3 b	103.3 ab
	MSD (Tukey 5%)	0.12	47.4	

Lo importante de este análisis es que se aprecia la dinámica que tiene el K en las hojas y que dependiendo de la época del año la concentración de K es variable, lo cual puede ser debido a que el árbol puede tener sitios de alta demanda de K como los frutos o las flores y por ello aunque haya alta disponibilidad de K en el suelo, la concentración de K foliar puede ser disminuida, en ciertas épocas. Por ello, algunos autores como Aguilera et al (2005), han encontrado altas concentraciones de K foliar en algunas épocas del año y muy baja en otras.

La calidad de fruto dada por materia seca y contenido de aceite (Cuadro 4), con respecto a los tratamientos de potasio aplicados, sólo detectó efectos significativos en los valores medios del contenido de materia seca en el muestreo de la fruta de floración normal efectuado en julio, con mayor valor para S con 19.3% contra sólo 14.3% en Control, 15.8% en G y 15.1% en G+F. En floración loca no se detectó efecto significativo en materia seca ni en contenido de aceite en fruto aunque G+F y S+F superaron al control en ambas variables. En la Floración normal pero en el muestreo de octubre las tendencias fueron más claras con respecto a los registros de materia seca y contenido de aceite en fruto, todos los tratamientos alternativos, tuvieron mayor valor en ambas variables con valores superiores a 20% en materia seca y de 12% en aceite en fruto, sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas, por lo que el efecto de tratamiento no fue claro.

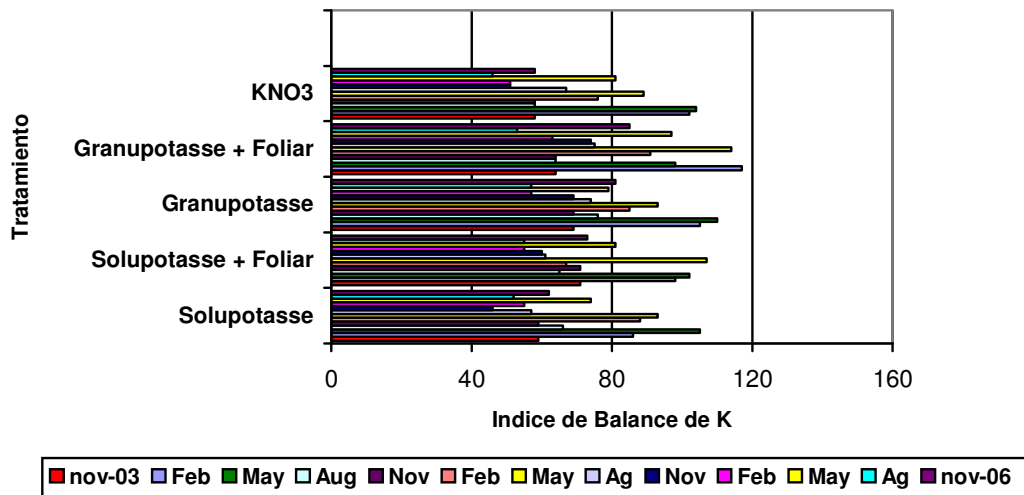


Figura 1. Índice de balance de aguacate con cinco fuentes de potasio en Michoacán.

Figure 1. Avocado balance index under five potassium sources in Michoacán.

Cuadro 3. Valores promedio de calidad de fruto en fruto de floración “loca” y normal en diferentes fechas de muestreo de aguacate.

Table 3. Average fruit quality values in mad and normal fruit in two simple dates of avocado fruit.

Trat.	Descripción	Materia	Aceite	Materia	Aceite	Materia	Aceite
		seca %	(%)	seca %	(%)	seca %	(%)
		Flor loca		Flor Normal		Flor Normal	
		(julio)		(Julio)		(Octubre)	
4	Granupotasse + foliar Solupotasse	23.1	13.8	15.1 b	8.0	21.3	12.9

2	Solupotasse + foliar	22.2	13.2	16.9 ab	9.1	21.5	13.0
	Solupotasse						
5	Nitrato de potasio	22.4	13.3	14.3 b	8.1	18.5	10.6
3	Granupotasse	20.6	11.9	15.8 b	6.9	20.2	12.1
1	Solupotasse	23.4	14.4	19.3 a	9.7	20.2	12.6
	DMS (Tukey 5%)	4.61	3.35	3.54	4.1	3.81	5.02

### Conclusiones

1. Las variables de solución del suelo indicaron efecto significativo por las fuentes de potasio siendo mayor en los dos tratamientos con Granupotasse con 6.9 y 7.0 de pH. La concentración de K<sup>+</sup> fue mayor en control con 70 ppm en promedio de tres años.
2. El potasio total (%) foliar fue mayor en los tratamientos con aplicación de Solupotasse foliar (3%) con 1.09 % mientras que en control se tuvo sólo 0.89%
3. El índice de balance fue mejor en los tratamientos G+S y S+ S con valores adecuados (>80>120) en seis de las 12 fechas de análisis
4. Todos los tratamientos con Granupotasse o Solupotasse tuvieron mayor concentración media de K<sup>+</sup> en savia con valores superiores a 2200 ppm de K<sup>+</sup> mientras que el control tuvo 1960 ppm
5. No hubo un efecto claro de tratamientos en contenido de aceite en fruto, ni en materia seca del fruto, todos los tratamientos estuvieron por encima del 20% en materia seca y de 10% en aceite
6. El rendimiento de fruto fue afectado por el tratamiento, donde los mejores fueron los que tuvieron aplicación foliar de Solupotasse (3%) con rendimientos medios de tres años de 130 kg arbol<sup>-1</sup> de fruto con peso mayor de 180 gramos, diferente al control con sólo 103 kg arbol<sup>-1</sup>.

### Literatura Citada

Alcalá M.J., C. Ortiz S., y M.C. Gutiérrez C. 2002. Clasificación de los suelos de la Meseta Tarasca, Michoacán. Terra. 19:227-239

Aguilera M. J.L., L. M. Tapia V., I. Vidales F., S. Salazar G. 2005. Contenido nutrimental en suelo y hojas de aguacate en huertos establecidos en Michoacán y comparación de métodos para interpretación de resultados. Folleto Técnico 2. INIFAP. Uruapan, Mich. 28 p.

Astier M., J.M. Maass, J.d. Etchevers B., J.J. Peña, F. León G., 2006. Short-term green manure and tillage management effects on maize yield and soil quality in an Andisol. Soil and Tillage Research. 88:153-189

Palacios A. J. M. 1986. Dinámica y balance nutrimental en árboles de aguacate (*Persea americana* Mill) cv Hass, con alto y bajo rendimiento en la región de Uruapan Michoacán. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados Chapingo, México



Ramos A., J., Durango, G. Grandet, B. Díaz, J.L. Barrera. 2006. Evaluación de las diferentes formas de potasio en suelos de la zona platanera de Córdoba (Colombia). *Agronomía Colombiana* 24(2): 334-339

Roldán M.F., C.A. Venialgo y N.C. Gutiérrez. 2004. Potasio disponible, de reserva y energía de reemplazamiento en suelos y el nivel foliar en *rye-grass*. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas A-072. Universidad Nacional del Nordeste (Argentina). pp. 1-3.

Salazar, S. 2004. Avocado nutrition diagnosis in Tepic and Xalisco, Nayarit. Research Database. [www.ppi-far.org/far/farguide.nsf/\\$webindex4/article](http://www.ppi-far.org/far/farguide.nsf/$webindex4/article)

Skogley, E.O., A. Dobermann, G.E. Warrington, M.F. Pampolino and M.A. Adviento. 1996. Laboratory and field methodologies for use of resin capsules. *Sciences of Soils* Vol.1:1-15

Tapia V.L.M., F. Marroquin, I. Cortés T., J. Anguiano C., J. Z. Castellanos R. 2006a. Nutrición del Aguacate. *In: El Aguacate y su manejo integrado*. D. Teliz, A. Aguilera (eds). Mundi-Prensa México D.F. 87-107

Tapia V.L.M., H. Rico P., I. Vidales F., A. Larios G. 2006b. Consideraciones para el manejo del nutririago en aguacate en Michoacán. Folleto Técnico 5. INIFAP. Uruapan, Mich. 34 p.

Torres, C.S. 2007. Costo de producción actual de aguacate con fertiriego y manejo integrado. *El Aguacatero* 50:11-14