

## Control del riego en línea y tiempo real del aguacatero y eficiencia del uso del agua

TAPIA-VARGAS, Luis Mario\*†, LARIOS-GUZMÁN, Antonio, HERNÁNDEZ-PÉREZ, Anselmo y VIDALES-FERNANDEZ, Ignacio

Recibido Febrero 02, 2016; Aceptado Marzo 30, 2016

### Resumen

El cambio climático en la zona aguacatera de Michoacán es una realidad evidente, las huertas de temporal ahora requieren riego para mantener productividad aceptable. El riego y fertiriego en aguacate se aplica en unas 50,000 ha con diferentes niveles de tecnificación desde el riego localizado de baja presión y caudal, hasta el riego con manguera de alto caudal y baja eficiencia. El objetivo de este trabajo fue controlar la aplicación del riego en línea y tiempo real en relación con el contenido de humedad del suelo y la eficiencia del uso del agua. El experimento se estableció en San Juan Nuevo Mich., en la localidad de El Rosario en una huerta joven de 9 años de edad plantada en marco real de 8 x 8 m. Los tratamientos de estudio fueron 1. Control del riego (CR) con sensores de humedad del suelo FDR (Frequency Domain Reflectometry) 2. Testigo del productor (T), riego cada 8-15 días. Ambos tratamientos fueron aplicados a 10 árboles durante el ciclo de riego Diciembre 2012-Junio 2014, con un microaspersor de 55 LPH. Sendos tratamientos contaron con sensores FDR para monitoreo de humedad del suelo. Se registró la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), lluvia (R), lámina de riego aplicada (L<sub>r</sub>) y contenido de agua del suelo (HS). Mediante el balance de humedad se calculó la evapotranspiración real del cultivo (ET<sub>a</sub>) y la eficiencia del uso del agua (EUA). Los resultados indican que se pudo efectuar el riego en base a la información en línea de la humedad del suelo y determinar que CR obtuvo una ET<sub>a</sub>= 568mm (±9.1), mientras T obtuvo 553.8mm (±17.8). La EUA fue de 97.1% para CR y 94.8% para T, lo que indica una mayor eficiencia de uso de agua en relación con el manejo del productor.

### Manejo de agua, sensores FDR, riego

**Citación:** TAPIA-VARGAS, Luis Mario, LARIOS-GUZMÁN, Antonio, HERNÁNDEZ-PÉREZ, Anselmo y VIDALES-FERNANDEZ, Ignacio. Control del riego en línea y tiempo real del aguacatero y eficiencia del uso del agua. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 2016, 3-6: 11-18.

### Abstract

Climatic change in avocado region of Michoacan is an evident truth, currently rainfed orchards require irrigation to maintain an acceptable yield. 50,000 ha of avocado are under irrigation and fertigation with different technological levels from low pressure located irrigation to high volume pipe irrigation and lower efficiency. The aim of this paper was to control the water application on line and actual time in relation with soil moisture content and the water use efficiency. The experiment was established in San Juan Nuevo, Mich., at the region of El Rosario in a young orchard aged nine years square planting 8 x 8 m. Studied treatments were 1. Irrigation control (CR) with FDR (Frequency Domain Reflectometry) soil moisture sensors; 2. Farmer water management (T), every 8-15 days. Both treatments were performed to 10 trees during irrigation cycle from December of 2012 to June of 2013, with micro-sprinkler of 55 LPH. Both treatments had FDR sensors to soil water measurement. Data registered was reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>), rainfall (R), irrigation depth (L<sub>r</sub>) and soil water content (HS). Water balance method was performed to calculate actual evapotranspiration (ET<sub>a</sub>) and water use efficiency (EUA). Results indicated that irrigation could be completed based on line soil moisture information measuring that CR got ET<sub>a</sub>= 568 mm (±9.1), while T got 553.8 mm (±17.8). EUA was 97.1% to CR and 94.8% to T, which indicate that CR got higher water use efficiency than producer water management.

### Water management, FDR sensors, irrigation.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [tapia.luisuario@inifap.gob.mx](mailto:tapia.luisuario@inifap.gob.mx))

† Investigador contribuyente como primer autor.

## Introducción

El cambio climático en la zona aguacatera de Michoacán que abarca unas 130,000 ha sembradas, es una realidad manifiesta.

La temperatura media sólo se ha incrementado en 0.8 °C, pero actualmente las lluvias son más abundantes, más intensas, de menor duración y con reducción del número de días de lluvia, lo más grave es que la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), ha aumentado 200 mm de manera anual (Tapia et al., 2011), esto propicia que las zonas donde se producía aguacate en condiciones de temporal, como la mayor parte de la porción sur del eje neovolcánico, ahora se requiere aplicar riegos de auxilio para no defoliar al árbol y producir fruto de bajo peso y tamaño reducido.

La alta demanda de fruto por los mercados de consumo, ha ocasionado que el cultivo del frutal sea atractivo y que nuevas áreas en el Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur se estén abriendo a este cultivo.

Algunas de estas superficies no son áreas ecológicamente óptimas para el cultivo del aguacate (Ruiz et al., 1999), lo que propicia incursionar en climas en donde se desconoce el comportamiento del cultivo, sus diferentes requerimientos de agua de acuerdo al clima y su producción y calidad del fruto (Stanford, 2002), ello a pesar que el cultivo tiene capacidad para desarrollarse hasta en 11 tipos de clima diferentes en Michoacán (Gutiérrez et al., 2010).

La Asociación de Productores Empacadores y Exportadores de Aguacate (APEAM, 2013), ha implementado un sistema en línea:

[www.apeam.com/estacionesdeclima/eva](http://www.apeam.com/estacionesdeclima/eva) potranspiración, el cual ofrece información de las necesidades de agua del cultivo (ET<sub>o</sub>), de manera diaria o semanal, basada en datos climáticos tomados en tiempo pasado como temperatura, humedad relativa, radiación solar y humedad del viento, lo cual es un método que ha probado su efectividad, pero que requiere coeficientes de cultivo para su optimización (Tijerina, 1999).

La medición de humedad del suelo ha sido relevante para optimizar el uso del agua, por lo que diversos métodos de medición se han implementado en campo, desde medición discreta (Abrisqueta et al., 2011), hasta medición continua en línea (Mouazen et al., 2005), para áreas extensas (Preston y McBride, 2004), o a nivel de una planta (Mounzer et al., 2008). Actualmente, la evaluación y seguimiento en línea y en tiempo real de la humedad del suelo es un método que incrementa la eficiencia del uso del agua, reduce las pérdidas por percolación, la fuga de nutrientes (Vera et al., 2009), pero requiere una alta inversión en el equipo tecnológico, no obstante, a corto plazo, se prevé una reducción de 90% en los costos de la tecnología en tres años (Wang et al., 2006). La importancia del aguacate en Michoacán y la escasez de agua para riego en la franja aguacatera ha propiciado el crecimiento de superficie con riego localizado, al grado que se tienen unas 35,000 ha, siendo la zona de mayor superficie en el estado (Tapia et al., 2006), sin embargo, no se conoce como afecta el manejo del riego localizado en la disponibilidad y consumo de agua del suelo y sus implicaciones en la eficiencia del uso de agua y las pérdidas por lixiviación. El objetivo de este trabajo fue controlar la aplicación del riego en línea y tiempo real en relación con el contenido de humedad del suelo y la eficiencia del uso del agua.

## Metodología a desarrollar

El trabajo se realizó en una huerta de aguacate de nueve años de edad, ubicada en la región de El Rosario (2150 m snm), en Nuevo San Juan Parangaricutiro.

El tipo de clima de esta localidad es de acuerdo a Gutiérrez et al., (2010): C(m)(w2), templado húmedo, el más húmedo de la franja aguacatera y su suelo corresponde a un Ustand (andisol ústico) (Alcalá et al., 2002).

El suelo presenta una profundidad de 1.2 m, pH=6.6 (1:2 en agua medido con pH meter Horiba® modelo B-213), capacidad de campo= 19.5% y una salinidad de 0.645 mS m<sup>-1</sup> (1:2 en agua medido con conductivímetro Horiba® modelo B-173).

El agua de riego presenta un pH= 6.8, salinidad de 0.354 mS m<sup>-1</sup> (ambas medidas con los equipos citados antes señalados), la temperatura del agua es de 17°C, proveniente del manantial “El Kurcuví”.

El experimento se estableció en San Juan Nuevo Mich., en la localidad de El Rosario en una huerta joven de 9 años de edad plantada en marco real de 8 x 8 m.

Los tratamientos de estudio fueron (1) Control y monitoreo del riego (CR), con sensores de humedad del suelo FDR (Frequency Domain Reflectometry), efectuando el riego sin permitir que la humedad del suelo descienda por debajo del 60% de la humedad aprovechable en la capa 0-30 cm superior del suelo y tampoco que haya pérdidas de agua fuera del alcance radicular no más de 60 cm de profundidad 2. Testigo del productor (T), riego cada 8-15 días de acuerdo al manejo que el productor lo hace. Ambos tratamientos fueron aplicados a 10 árboles durante el ciclo de riego Diciembre 2012-Junio 2014, con un microaspersor de 55 LPH.

Sendos tratamientos contaron con equipo electrónico iMetos® y sensores de humedad del suelo tipo FDR (Frequency Domain Reflectometry), conectados a una estación hidrológica en línea y tiempo real mediante un chip de 10 Mb y alojado vía WEB en el portal [www.fieldclimate.com](http://www.fieldclimate.com).

Los datos registrados fueron: la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), lluvia (R), lámina de riego aplicada (L<sub>r</sub>) y contenido de agua del suelo (HS). Mediante el balance de humedad (Vera et al., 2009), se calculó la evapotranspiración real del cultivo (ET<sub>a</sub>) (Allen et al., 2006) y la eficiencia del uso del agua (EUA) evaluada como la relación ET<sub>a</sub> y L<sub>r</sub> (Tijerina, 1999).

## Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados de las láminas de riego (L<sub>r</sub>) (mm) aplicadas en el aguacate durante el transcurso del experimento desde Octubre de 2012 a Junio de 2013. Como se aprecia, los valores totales son semejantes con 530.1 mm para el tratamiento CR, mientras que el manejo del productor (T), aplicó una lámina de 560.2 mm. También se observa que ambos tratamientos superan la demanda evapotranspirativa (ET<sub>o</sub>) del medio ambiente la cual es de 450.1 mm, esta demanda fue calculada con la metodología de Penman, que se basa en los datos climáticos evaluados por la estación hidrológica (Vera et al., 2009), es interesante que los dos tipos de manejo de agua produzcan láminas de riego superiores a ET<sub>o</sub>, pues hay evidencias documentadas que el aguacate tiene requerimientos de riego inferiores a la ET<sub>o</sub> (García, 2003). Esto podría abrir paso a que el aguacate puede presentar una más alta demanda de agua, que la ET<sub>o</sub> lo cual puede romper la creencia generalizada acerca del consumo de agua del cultivo y acarrear problemas de abasto de agua en la región.

Mes	Tratamiento	Testigo (mm)	ETo (mm)
	Riego controlado (mm)		
Octubre	0.0	0.0	54.7
Nov	0.0	0.0	44.5
Dic	22.5	35.0	45.7
Enero	35.0	35.0	43.9
Febrero	125.0	140.1	53.6
Marzo	85.0	105.0	57.2
Abril	160.0	140.1	60.1
Mayo	80.0	70.0	54.1
Junio	22.5	35.0	36.3
Total	530.1	560.2	450.1

**Tabla 1** Lámina de agua aplicada en aguacate en dos tratamientos de riego en Michoacán y evapotranspiración de referencia local (ETo)

Los consumos de agua o evapotranspiración actual (ETa) del aguacate, en cada mes estudiado (Tabla 2), muestra las láminas de agua (mm), extraídas por el cultivo en cada profundidad del suelo y en el tiempo de estudio. Se observa que ambos tipos de manejo del agua, riego controlado en línea (RC) y manejo del productor (T), presentan similares consumos de agua con 568.8 ( $\pm 9.1$ ) para RC y 553.8 ( $\pm 17.8$ ) para T. Esto indica que el sistema de manejo actual del productor de efectuar el riego cada 8-15 días presenta un buen aprovisionamiento de agua en la zona radicular del cultivo por lo que el aguacate no tendría problemas de estrés hídrico con este tipo de manejo. Las cantidades obtenidas de ETa en ambos tipos de manejo (Tabla 2), superan el valor de ETo (Tabla 1) de 450 mm, esto indica que el aguacate es un cultivo que a mayor disponibilidad de agua, tiene un consumo más alto, que supera fácilmente los valores de 500 mm sugeridos para el cultivo, incluso supera el valor calculado para áreas más cálidas situadas entre 1200 y 1500 m de altura snm (Tapia et al., 2009), estos hallazgos salen de la opinión generalizada de que la tasa evapotranspirativa del aguacate está entre 50 y 60% de la ETo como fue mencionado por Fernández et al., (2005).

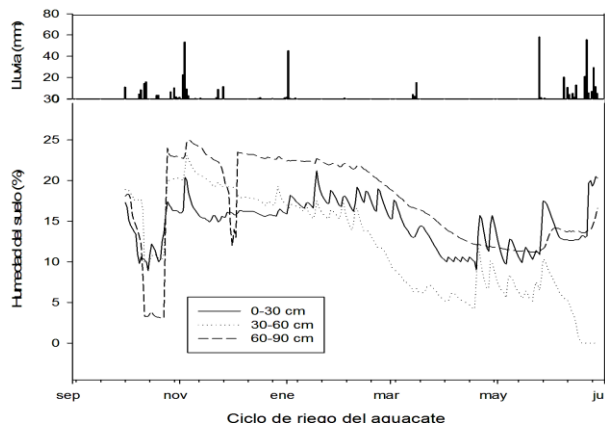
Es notable que en los dos tipos de manejo del agua, cuando aún no es requerido la aplicación del riego, al finalizar la etapa de lluvias en Octubre, ocurre el mayor consumo de agua con valores de 129.6 mm para RC y de 172.2 en T; estos valores son los más altos del ciclo de riego, ningún otro mes se acerca a estos valores. Esta situación puede deberse a que en Octubre las temperaturas todavía son altas y la última fase de crecimiento de fruto próximo a cosecha, demande una gran cantidad de agua, esto es fácil de comprobar si se observa la ETo de Octubre 54.7 mm y la de Mayo 54.1 mm (Tabla 1), Mayo se distingue por ser el mes más cálido en la región, por lo que si en Octubre hay una alta demanda evapotranspirativa y converge con una alta disponibilidad de humedad del suelo, producida por la finalización de la temporada de lluvias, se produce una alta ETa, como fue encontrado en esta trabajo.

Profundidad del suelo (cm)	Evapotranspiración actual mensual (mm)									
	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Ab.	May.	Jun.	Total
<b>Riego controlado</b>										
0-30	33.4	15.6	48.9	20.1	26.1	23.4	23.4	27.0	8.4	246.3
30-60	25.5	11.7	14.7	18	31.2	15.6	27.3	26.4	23.4	193.8
60-90	30.7	33.0	4.5	4.2	10.5	14.1	7.8	1.8	2.1	128.7
<b>Total</b>	<b>129.6</b>	<b>60.3</b>	<b>68.1</b>	<b>42.3</b>	<b>67.8</b>	<b>53.1</b>	<b>58.5</b>	<b>55.2</b>	<b>33.9</b>	<b>568.8 (<math>\pm 9.1</math>)</b>
<b>Testigo</b>										
0-30	71.7	35.1	95.1	14.7	8.7	16.8	23.7	19.5	10.8	296.1
30-60	99.3	10.8	9.9	5.4	8.4	38.7	27.6	6.6	0.9	207.6
60-90	1.2	6.6	18.6	1.5	6.3	6.9	6.6	2.1	0.3	50.1
<b>Total</b>	<b>172.2</b>	<b>52.5</b>	<b>123.6</b>	<b>21.6</b>	<b>23.4</b>	<b>62.4</b>	<b>57.9</b>	<b>28.2</b>	<b>12</b>	<b>553.8 (<math>\pm 17.8</math>)</b>

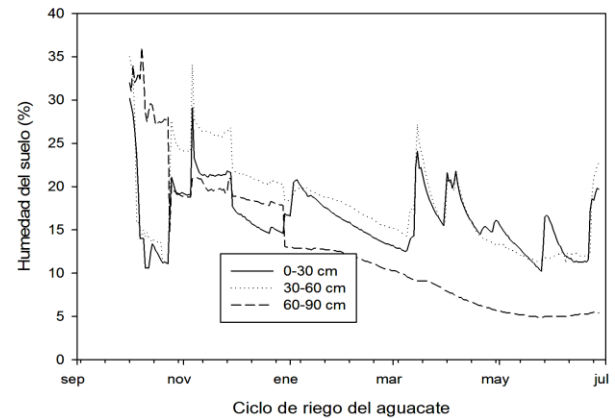
**Tabla 2** Evapotranspiración actual (mm) mensual del cultivo del aguacate en Michoacán en dos esquemas de manejo de riego

Por otra parte, se observa que en ambos tratamientos evaluados, debe haber una alta variabilidad en el contenido del agua del suelo, pues prácticamente ningún mes, excepto abril, arroja valores semejantes de ETa, sin embargo, al analizar la ETa total o suma de todos los meses estudiados, la semejanza es notoria ya que ambos valores de 568.8 mm en Cr y de 553.8 mm en T, son estadísticamente iguales (Tabla 2), esto ocurrió a pesar de que, excepto Enero, en los meses que se aplicó riego, las láminas aplicadas fueron distintas (Tabla 1).

Es conveniente mencionar por su importancia que la capa 0-30 cm fue la que más contribuyó a la ETa del aguacate con valores de 246.3 para CR y de 296.1 para T. Estos valores son superiores a las otras dos profundidades de suelo estudiadas y se observa claramente que a medida que se avanza en profundidad del suelo, el aguacate tiende a tener un consumo de agua más reducido, esto es explicable pues las raíces del aguacate son muy superficiales y su mayor abundancia ocurre en la capa más superficial del suelo como fue demostrado por Jaramillo (2012), quien refiere que la mayor cantidad de raíces de aguacate está en los primeros 20 cm aunque el suelo tenga alta profundidad. No obstante a pesar de una tasa reducida, se observa que el aguacate obtiene agua, a capas profundas del suelo, en este caso hasta 90 cm de profundidad. Los Gráficos 1 y 2 presentan la información del contenido de humedad del suelo en ambos tratamientos de manejo de agua del suelo, también se presenta la información de la lluvia registrada en el transcurso del trabajo. Se aprecia que fue un ciclo con una apreciable cantidad de lluvia, las más copiosas fueron Octubre (81.8 mm), Noviembre (113.1 mm) y Enero (48.8 mm), el resto de los meses las lluvias fueron bajas, excepto junio con 190.6 mm (Gráfico 1).



**Gráfico 1** Contenido de agua (%) en el suelo, bajo el esquema de riego controlado en línea y tiempo real (CR), durante el ciclo de riego de aguacate



**Gráfico 2** Contenido de agua (%) en el suelo, bajo el esquema de riego del productor, durante el ciclo de riego de aguacate

Por este motivo, la dinámica de la humedad del suelo fue muy irregular y se observó poca relación entre el agua aplicada ( $L_r$ ) y la humedad del suelo ( $H_S$ ), sobretodo en la profundidad 0-30 cm cuya curva debería reflejar la aplicación de riego. Sin embargo, a partir de Enero, las aplicaciones de agua de riego se reflejan en los incrementos sucesivos de  $H_S$  en los estratos 0-30 y 30-60 cm, esta situación se mantiene hasta marzo, después hay una caída de  $H_S$  (10%) en la capa 0-30 y  $H_S$  en 5% en la capa 30-60 cm, en Abril. Fue hasta el mes de Mayo que se pudo incrementar  $H_S$  con los riegos (Gráfico 1).

Esta situación puede explicarse porque son meses de alto consumo de agua ya que si se observa la ETa (Tabla 2), del cultivo en esos dos meses y la ETo (Tabla 1) en los mismos dos meses, se aprecia que hay una coincidencia idéntica en los valores, por lo que al efectuar el riego por encima de ETo, el aguacate lo tomaba inmediatamente, sin permitir un incremento de  $H_S$  en los dos estratos. Mounzer et al., (2008), explican que hay un efecto de re-distribución de agua en el suelo y un tiempo de retraso que los sensores FDR no alcanzan a detectar y aunque suba el contenido de  $H_S$ , por ese efecto no se refleja en el valor de  $H_S$  final que es desplegado.

Por otra parte, si se optaba por incrementar Lr, se podría caer en el riesgo de perder agua a estratos profundos, como se aprecia en un ligero incremento de HS en el estrato 60-90 en Marzo, esto acarrea pérdidas por lixiviación fuera del alcance radicular por lo que se optó por no aumentar Lr.

Con respecto al contenido de agua del suelo en el manejo de agua del productor (T), en el Gráfico 2 se observa la dinámica del contenido de agua del suelo. Lr inició también en Diciembre al igual que CR pero con láminas más altas.

Esta mayor cantidad se refleja en los tres estratos de suelo por lo que se inician las pérdidas por lixiviación, posteriormente, a partir de enero el efecto de la aplicación del riego no se refleja en incrementos de HS, hasta la lluvia de Marzo, después de este evento, subsecuentes aplicaciones de agua en Abril y Mayo si se detectan en el incremento de HS en los estratos 030 y 30-60 cm. E

Este manejo de agua que el productor aplica, no produce pérdidas por lixiviación, aún cuando las Lr aplicadas sean mayores que en CR.

Los valores de HS tanto en CR como en T presentan niveles en que el cultivo del aguacate puede absorber agua, estos niveles fluctúan desde 33% hasta 5% de HS, esto contradice lo reportado por Cossio et al. (2008), quienes mencionan rangos de 98% hasta un mínimo de 65% de HS en aguacate sin riego, por el contrario, Priego y Rodríguez (1998), presentan rangos de humedad más bajos 25% en condiciones secas y 80% en condiciones húmedas.

De acuerdo a este trabajo en Michoacán el rango óptimo está entre 10-22% de HS, ya que por encima de 22% hay un efecto de redistribución más que de ETa, debido a la caída súbita del nivel de agua cuando alcanza valores por encima de 22%. Cabe notar que aún cuando en ambos tratamientos existió un riego equivalente o por encima de ETo, las pérdidas por lixiviación (Gráficos 1 y 2), fueron mínimas, Lr no alcanzó el estrato 60-90 cm la mayor parte del ciclo, este efecto es diferente al encontrado por Michelakis et al., (1993), quienes encontraron pérdidas de agua a pesar de aplicar solo 60 y 90% de ETo, es decir menos agua que la aplicada en este trabajo, esto refleja las condiciones ambientales idóneas para el aguacate en Michoacán, con respecto al suelo y el clima.

### Conclusiones

La implementación de tecnología en línea y tiempo real para efectuar el riego en aguacate (CR), permitió aplicar el agua con mejor oportunidad y sin pérdidas fuera del alcance de las raíces, de mejor manera que el manejo que efectúa el productor (T) con contenidos de humedad del suelo más adecuados para el aguacate, se pudo evaluar que el consumo real de agua del cultivo (ETa), en el periodo Octubre-Junio, alcanza 568 mm ( $\pm 9.1$ ) en CR y de 553.8mm ( $\pm 17.8$ ) en T. El mejor control del riego también se reflejó en una mayor eficiencia de uso de agua (EUA) con 97.1% para CR contra 94.8% para T.

El aguacate a mayor disponibilidad de agua tiene relación directa con más alto valor de ETa incluso superior a la evapotranspiración de referencia (ETo).

**Referencias**

- Abrisqueta I., R. Quezada, J. Munguia, M. C. Ruiz, J.M. Abrisqueta, J. Vera. 2011. Nutrient concentration of peach-tree leaves under déficit irrigation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 174(6):871-873
- Alcalá J. M., C. A. Ortiz S., M. C. Gutiérrez C. 2002. Clasificación de suelos de la meseta Tarasca, Michoacán. *Terra* 19: 227-239.
- Allen R. G., L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO Manual 56 Roma, Italia 300p.
- APEAM. 2013. Sistema de información meteorológica. [www.apeamclima.org](http://www.apeamclima.org)
- Avilán L., L. Meneses, R. Sucre. 1982. Distribución del sistema radical del aguacate (*Persea americana*) en suelos de origen aluvial de la región central del país. *Agronomía Tropical* 33(1):229-242
- Cossio L. E., S. Salazar, J. L. González, R. Medina. 2008. Fenología del aguacate Hass en el clima semicálido de Nayarit, México. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 14(3):319-324
- Fernández R. D., M. Martínez, C. A. Tavarez, R. Castillo, R. Salas. 2005. Estimación de las demandas de consumo de agua. SAGARPA Colegio de Postgraduados Montecillo, Mex. 33 p.
- García F. J. 2003. El cultivo del aguacate en la Costa del Mediterraneo. *Vida Rural* 125:58-62
- Gutiérrez M., B. N. Lara, H. Guillén, A. T. Chávez. 2010. Agroecología de la franja aguacatera en Michoacán, México. *Interciencia* 35(9):647-653
- Jaramillo C. A. 2012. Preparación del árbol de aguacate a la floración. Cuaderno de Campo núm. 6. CPT Ibagué, Tolima, Colombia 19 p.
- Michelakis N., E. Vougioucalou, G. Clapaki. 1993. Water use, wetted soil volume, root distribution and yield of avocado under drip irrigation. *Agricultural Water Management* 24(2): 119-131
- Mouazen A. M., J. D. Baerdermaker, H. Ramon. 2005. Towards development of on-line moisture content sensor using a fibre-type NIR spectrophotometer. *Soil and Tillage Research* 80(1-2):171-183
- Mounzer O. H., R. Mendoza, I. Abrisqueta, L. M. Tapia, J. M. Abrisqueta, J. Vera, M. C. Ruiz. 2008. Soil water content measured by FDR probes and thresholds for drip irrigation management in peach trees. *Agric. Téc. México* 34(3):313-322
- Preston G. M., R. A. McBride. 2004. Assessing the use of poplar tree systems as landfill evapotranspiration barrier with Shaw model. *Waste Management & Research* 22(4):291-305
- Priego B. A., J. L. Rodríguez. 1998. Respuesta de plantas de aguacate cv Hass bajo condiciones de sequía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 2:191-198
- Ruiz C. A., G. Medina, C. Ortiz, R. Martínez, I. J. González, H. E. Flores, K. F. Byerly. 1999. Requerimientos agroecológicos de los cultivos. INIFAP. Guadalajara, Jal 324 p.
- Stanford L. 2002. Constructing "quality": The political economy of standards in Mexico's avocado industry. *Agriculture and Human Values* 19: 293-310.

Tapia V. L. M, A. Larios, J. Anguiano. 2009. Ambiente y fenología del aguacate. In: Tecnología para la producción de aguacate en México. 2ª. Edición. INIFAP. Uruapan, Mich. 36-53

Tapia L. M., A. Larios, J. J. Alcantar, J. Anguiano. 2006. Determine el programa de riego eficiente a aplicar en su huerta de aguacate. El Aguacatero 48:15-21

Tapia V. L. M., A. Larios, I. Vidales, M. E. Pedraza, V. L. Barradas. 2011. El cambio climatico en la zona aguacatera de Michoacan: analisis de la precipitacion y la temperatura a largo plazo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. Esp. (2):35-42

Tijerina C. L. 1999 Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. Terra 17(3):237-246

Vera J., O. Mounzer, M. C. Ruiz, I. Abrisqueta, L. M. Tapia, J. M. Abrisqueta. 2009. Soil water balance trial involving capacitance and neutron probe measurements. Agric. Water Management. 96(6):905-911

Wang N., N. Zhang, and M. Wang. 2006. Wireless sensor in agricultura and food industry- Recent development and future perspective. Computers and Electronics in Agriculture 50(1):1-14