

MANEJO SUSTENTABLE DEL AGUA PARA PRODUCIR JITOMATE EN INVERNADERO EN EL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO

SUSTAINABLE MANAGEMENT OF WATER FOR TOMATO GREENHOUSE PRODUCING IN MORELOS STATE, MEXICO

**Miguel Ángel Jaime-Hernández^{1*}, Francisco García-Matías¹, Gregorio Bahena-Delgado²,
Mauricio García-Ochoa³, Emmanuel Dimas-Arcos³**

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).
Avenida Universidad 1001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México.

C.P. 62209, tel. (734) 1347797. Correo-e: amacruzac1999@yahoo.com.mx

²Campus Oriente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México.

³Estudiante de Ingeniería en Horticultura en la sede Regional Universitaria de la Cuenca-Mazatepec de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México.

*Autor para correspondencia.

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objeto de identificar los indicadores que permitan determinar las características de la unidad de producción, el conocimiento y manejo de la tecnología para la producción de jitomate bajo condiciones de invernadero y riego por goteo, así como del agua en el proceso productivo de esta especie. Para lograrlo, se realizó un diagnóstico estructural a través del método de investigación con informantes clave, observación participante y la entrevista semi-estructurada y mediante la aplicación de un cuestionario a los productores agrícolas beneficiarios del Programa de Proyectos de Inversión Rural (PAPIR) durante el periodo 2000-2010 en la

región Poniente del Estado de Morelos. Los datos obtenidos se capturaron en SPSS 18.0 y se analizaron a través del uso de la estadística descriptiva e inferencial (análisis de determinación R^2). Se concluyó que las características de las unidades de producción campesina poseen en promedio casi una hectárea (0.964) de suelo agrícola y el tamaño del invernadero es apropiado (1000 m²). Bajo el régimen ejidal, cultivan principalmente jitomate con rendimientos que fluctúan de 151.2 hasta 160.0 ton/ha y, la venta principal del producto es al intermediario y en algunos casos a la exportación, en donde la participación de la familia es mínima, por lo que la contratación de mano de obra es fundamental. Asimismo, se observa que para la región Poniente del

estado se destinan únicamente 3.68 ha bajo invernadero, lo que ocasiona que participen bajo esta modalidad el 4.91% del total de la superficie agrícola en la región y de tan solo el 1.07% a nivel estatal. Además, se determinó que el mayor índice de productividad del agua (IPA) con 29.63 kg de fruto/m³ de agua aplicada, se obtuvo en el municipio de Mazatepec, mientras que en ese mismo municipio se obtiene un IPA de tan solo 12.7 cuando se produce esta hortaliza con agua gravitacional. Por lo tanto, se pone de manifiesto el ahorro de agua utilizada para el riego en la agricultura, cuando se compara los sistemas de riego convencionales y por goteo.

Palabras clave: PAPIR, jitomate, índice de productividad del agua, IPA.

ABSTRACT

This research was out conduct in order to identify indicators to determine the characteristics of the production unit, the knowledge and use of technology for the production of tomato under greenhouse and drip irrigation, and water in the production process of this species. To achieve this, a structural diagnosis was made by the method of research with key informants, participant observation and semi-structured interview, and by applying a questionnaire to beneficiaries farmers of the Program Rural Investment Project (PAPIR) during the period 2000-2010, in the west region of the Morelos State. The data were capture in SPSS 18.0 and analyzed trough of use of descriptive and inferential statistics (analysis of determination R²). It was conclude that the characteristics of peasant production units have an average of almost one hectare (0.964) of agricultural land. The size of the greenhouse is appropriate (1000 m²), and under the ejido system, mainly grown tomato with yields ranging from 151.2 to 160.0 ton/ha. The main product selling is the intermediary and export in some cases, where family involvement is minimal, so hiring labor people is fundamental. Also, it is observed that for the West region of Morelos

state are intended only 3.68 ha of greenhouse, causing participate under this system the 4.91% of the total agricultural area in the region and only 1.07% statewide. In addition, it was determined that the highest index of water productivity (IWP) with 29.63 kg of fruit/m³ of water applied, was obtained in the town of Mazatepec, while in the same municipality an API of only 12.7 is obtained when this vegetable is produced with gravitational water. Therefore, it is evident saving water used for irrigation in agriculture, conventional systems when compared and irrigation drip.

Keywords: PAPIR, tomato, water productivity index, IPA.

INTRODUCCIÓN

En el umbral del siglo XXI, México se enfrenta a la posibilidad de una crisis del agua que comprometería el futuro inmediato de su proceso de desarrollo. En función de esta crisis potencial, el gobierno de la República ha declarado que el agua es asunto de seguridad nacional (Carabias y Landa, 2005). Bajo esta perspectiva, en lo que respecta al medio ambiente y de producción agrícola en el estado de Morelos, al igual que el resto del país, la escasez y mala distribución del agua, así como la incidencia de plagas y enfermedades, han limitado la superficie destinada para el cultivo del jitomate. Ahora bien, a nivel mundial, el cultivo de esta hortaliza es la más importante al considerar la superficie cultivada, así como el valor de su producción (Valenzuela y Díaz, 2013). Sin embargo, aun cuando el estado de Morelos es el vigésimo lugar en el cultivo de esta especie a nivel nacional, ocupa el decimoprimeros en cuanto a la producción obtenida (11,474 ton) y el tercer sitio en lo que se refiere a rendimiento por hectárea con 104.6 ton ha⁻¹ (SIAP, 2013). Sin embargo, para aligerar estas situaciones y, con énfasis en el ahorro de agua, se hace preponderante el establecimiento de cultivos hortícolas en invernadero y, en particular, el cultivo de jitomate, lo que constituye una alternativa viable para hacer frente a esta

problemática y, además, de dotar de productos de calidad y en cantidad suficientes para satisfacer los requerimientos del mercado, ya que el estado de Morelos cuenta con las condiciones edafoclimáticas propicias para el establecimiento de esta tecnología de punta.

La presente investigación se realizó con el objetivo de identificar los indicadores que permitan determinar las características de la unidad de producción, el conocimiento y manejo de la tecnología para la producción de jitomate bajo condiciones de invernadero y riego por goteo, así como del agua en el proceso productivo de esta especie.

METODOLOGÍA

El área de estudio

La presente investigación se realizó en los municipios que comprenden la región Poniente del Estado de Morelos, México. Estos municipios son: Coatlán del Río, Mazatepec, Miaatlán y Tetecala (Figura 1). Esta región cuenta con una extensión territorial de 560,428 km², que representa el 10.9% de la superficie del estado y una población de 58,446 habitantes. Se localiza en una serie de llanuras y lomeríos, con elevaciones que van de 900 a 1010 msnm, una temperatura media anual de 22-25 °C y un clima Cálido Subhúmedo. No existen variaciones edáficas y de vegetación, entre las que destacan la selva baja caducifolia (SEDAGRO, 2007; Gobierno del Estado de Morelos, 2011).

Recopilación de la información

El estudio se basó en la información que se obtuvo de las unidades de producción rural que cuentan con un invernadero donde se produce jitomate en hidroponía y que fueron beneficiarios por el programa de Activos Productivos dentro del subprograma de apoyo a los proyectos de inversión rural (PAPIR) 2000-2010 (SAGARPA, 2010). El tamaño de la muestra

se definió mediante varianza máxima (Cochran, 1976) y en el año 2011 y 2012 se aplicaron 29 encuestas, para recopilar información sobre el aspecto social, productivo y económico. El método de investigación utilizado fue el participativo apoyado en diálogos con informantes clave, observación participante y la entrevista semi-estructurada (Geilfus, 2002). La información recopilada *in situ* generada por los productores beneficiarios se cotejó con información oficial. Para lograrlo, a los productores beneficiarios por el Programa Alianza seleccionados en el muestreo, se les aplicó una encuesta, la cual se basó en un cuestionario con lo cual fue posible contextualizar los aspectos: características de la unidad de producción, conocimiento y manejo de la tecnología y el conocimiento del manejo del agua en el proceso productivo de esta especie.

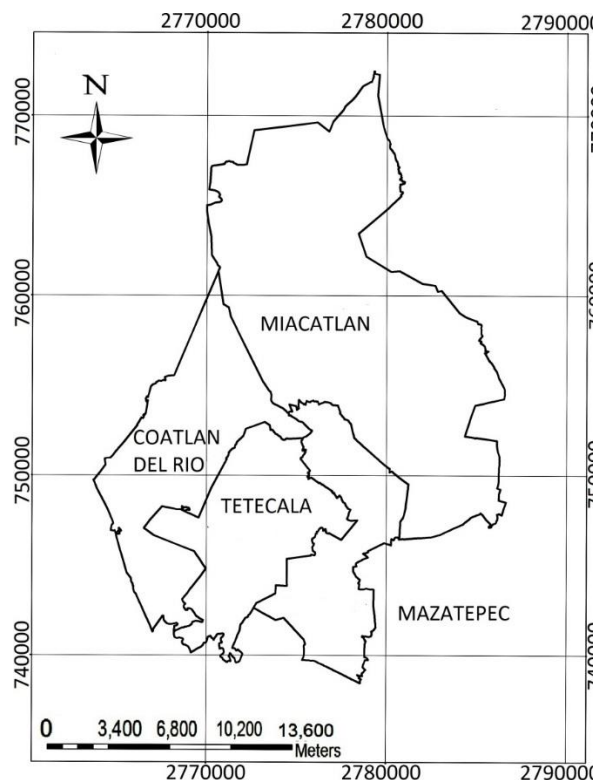


Figura 1. Localización de la región Poniente del Estado de Morelos, México.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la SEDAGRO (2007).

Procesamiento de la información

Una vez construido el cuestionario, se validó mediante su aplicación a siete productores de tomate bajo invernadero, pertenecientes al Sistema Producto-Jitomate ajenos a los beneficiarios del PAPIR. Estos resultados sirvieron para modificar y afinar el cuestionario, y una vez aprobado, se aplicó a los productores beneficiarios del programa mediante la encuesta realizada en el domicilio y/o en campo. Por último, los resultados obtenidos para estas categorías en el muestreo se capturaron y realizaron las matrices correspondientes con el programa Statistical Packages for Social Sciences (SPSS 18.0), se analizaron mediante el uso de la estadística descriptiva y coeficiente de determinación (R^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de las unidades de producción agrícola

En México, la principal forma de tenencia de la tierra es ejidal y, con respecto a esta variable en la región Poniente del estado de Morelos (Cuadro 1) el ejido es predominante y los beneficiarios por el programa son propietarios del predio agrícola con 0.947 ha en promedio. En este sentido, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2011), en la tenencia de la tierra en el Estado de Morelos, el 79.7%, corresponde a ejido, el 5.0% es comunal, el 14.6% es privada y el 0.7% es pública.

Asimismo, según el INEGI (2010), en el estado de Morelos se destinan 135,308 ha para la producción agrícola, de las cuales en la región Poniente se encuentran 9,900 ha (7.32%) y, en lo que corresponde a la producción de jitomate en el Estado, el cultivo de esta especie ocupa el quinto lugar en superficie sembrada con 2,162 ha, detrás de los cultivos de sorgo para grano (41,567 ha), maíz para grano (29,296 ha), tomate verde (2,487 ha) y avena forrajera (2,348

ha). En este sentido, aun cuando la superficie agrícola total de los productores de esta región es de 23.7 ha, la superficie agrícola para el cultivo de jitomate bajo invernadero es de apenas de 3.68 ha, lo que representa el 4.91% del total de la superficie agrícola dedicada al cultivo de esta hortaliza en invernadero en esta región y de tan solo el 1.07% de la superficie dedicada a este cultivo en el estado de Morelos bajo esta modalidad.

A nivel nacional, los principales estados productores de jitomate son: Sinaloa, Veracruz, Michoacán, Nayarit, Sonora, Baja California Sur y San Luis Potosí (SIAP, 2013). Mientras que a nivel estatal las principales zonas productoras de jitomate durante el temporal son Atlatláhuacan, Yecapixtla, Tepoztlán, Tlayacapan, Totolapan, Tlalnepantla y Ocuituco, las que se caracterizan por tener un clima templado; mientras que las de riego se incluyen los municipios de Yautepec, Cuautla, Ayala, Tlayacapan, Tepalcingo, Axochiapan y Coatlán del Río. Sin embargo, a mediados de los ochentas, el cultivo de jitomate se vio afectado por una enfermedad de tipo viral conocida comúnmente como “el chino del tomate” y transmitida por la mosquita blanca, lo que ha ocasionado una reducción drástica en la superficie sembrada y consecuentemente una baja producción, lo que ha ocasionado que se deje de cultivar principalmente durante la época de riego en el ciclo otoño-invierno (Fundación Produce Morelos A.C., 2011). Como consecuencia de estos eventos, los productores de jitomate han buscado alternativas de producción mediante la utilización de invernaderos, los cuales han sido promovidos por el gobierno federal mediante programas gubernamentales como Alianza a través del programa de apoyo a los proyectos de inversión rural (PAPIR). Bajo este sistema de producción considerado como de “alta tecnología” o “tecnología de punta”, el tipo de jitomate que se produce es de tipo saladet en todos los municipios y de tipo cherry en los municipios de Miacatlán y Tetecala y su consumo es en fresco; es importante hacer notar que el tipo de

jitomate cherry está destinado para un nicho de mercado de exportación (Estados Unidos); mientras que el producto que se comercializa a nivel regional se realiza a través del intermediario; asimismo, los rendimientos obtenidos fluctúan entre las 150 y las 160 ton/ha, esto como resultado del manejo eficiente de estos sistemas de producción.

En lo referente a la mano de obra y debido a que la principal fuente de ingreso, tanto de los productores agrícolas beneficiarios del programa Alianza proviene

de actividades que no están relacionadas con el campo (56%) o de remesas de algún familiar que radica en el extranjero (8%), la utilización de mano de obra o jornales familiares en el proceso de producción de jitomate es prácticamente inexistente. Por lo tanto, en el 79% no emplean jornales familiares en toda la unidad de producción agrícola, el 10% emplea solo a un familiar y tan solo el 19% emplean a dos familiares, lo que ha ocasionado que todos los productores presenten entre dos o tres jornales contratados en toda la UPR.

Cuadro 1. Características de las unidades de producción.

Actividad	Coatlán del Río	Mazatepec	Miacatlán	Tetecala
Superficie agrícola beneficiarios (ha)	5.00	7.76	8.54	2.40
Superficie agrícola beneficiarios (%)	21.10	32.74	36.03	10.13
Área cultivada en invernadero (ha)	0.58	1.60	1.00	0.50
Área cultivada en invernadero (%)	15.76	43.48	27.17	13.59
Tenencia de la tierra (%)	Ejidal (100)	Ejidal (100)	Ejidal (85.7) y Propiedad privada (14.3)	Ejidal (75) y Propiedad privada (25)
Tipo de jitomate	Saladet	Saladet	Saladet y Cherry	Saladet y Cherry
Rendimiento promedio (ton/ha/ciclo)	157.5	160.0	157.5	151.2
Destino de la producción	Consumo en fresco, Regional	Consumo en fresco, Regional	Consumo en fresco, Regional y Exportación	Consumo en fresco, Regional y Exportación
Mercado	Intermediario	Intermediario	Intermediario y Exportación	Intermediario y Exportación
Capital	Nacional	Nacional	Nacional y Exportación	Nacional y Exportación
Mano de obra	Familiar	Contratada y familiar	Contratada y familiar	Contratada y familiar

Estos resultados se relacionan con el hecho de que los beneficiarios del programa ALIANZA cuentan con recursos económicos suficientes provenientes de otras actividades no agrícolas y la familia generalmente no participa en la producción, por lo que la mano de obra es contratada.

Sustentabilidad en el manejo del agua en el sistema de producción de jitomate en invernadero y fertirrigación

El cultivo de jitomate se adapta a casi todos los tipos de suelo, y preferentemente, suelos profundos, ya que las raíces de esta hortaliza se desarrollan a una profundidad de 60 cm y, con un 70% de ellas en los primeros 20 cm, por lo que es necesario que tenga buen drenaje, ya que no soporta el anegamiento. Para lo cual se recomiendan camas de 60 cm de ancho y 40 cm de pasillo con una altura de 12-15 cm y una población de 2 a 2.5 plantas por metro cuadrado (Nuño, 2007).

Al respecto, al inicio de la puesta en marcha de este programa en los invernaderos se sembraba principalmente en sustratos hidropónicos o en contenedores con tezontle, en donde las plántulas que se producen en almácigos se trasplantan en bolsas de polietileno de 40 x 40 cm conteniendo el sustrato. En cada maceta se coloca una plántula con todo y cepellón completo para evitar el rompimiento de las raíces y consecuentemente marchitamientos. En este sistema, los productores empleaban el riego presurizado que se efectuaba con cintas tipo espaguete (cuatro goteros individuales tipo estaca con un gasto de agua de dos litros cada uno) con una solución nutritiva compuesta de diferentes fertilizantes de tal manera que contengan micro elementos y macro elementos (Fundación Produce Morelos A.C., 2011). Sin embargo, los altos costos de producción bajo este sistema hidropónico hicieron que los productores en su mayoría (96.87%) modificaran este sistema de cultivo, realizando el trasplante ahora en suelo con la utilización de cintas de riego por

goteo, propiciando que la principal forma de producción del jitomate en la región Poniente sea cultivado en el sistema de suelo, mientras que la producción en contenedor con sustrato de tezontle tiende a desaparecer.

Con respecto al manejo de la tecnología para la producción de jitomate en la región, los productores beneficiarios establecen entre uno y dos cultivos por año; predominando la época de trasplante en los meses de julio a septiembre (aproximadamente 180 días de ciclo del cultivo), esto se debe a que la época de cosecha del fruto adquiere gran relevancia en los meses de octubre-enero, como consecuencia de los altos precios del producto en el mercado, obteniéndose rendimiento promedio de 156 ton/ha (Cuadro 2).

Los requerimientos de agua por los cultivos agrícolas es una consecuencia del agua evapotranspirada, como respuesta a las condiciones climáticas, tipo y estado de desarrollo del cultivo, así como de la disponibilidad de agua del suelo, por lo que debe reponerse periódicamente al suelo para no dañar el potencial productivo de la planta por estrés hídrico (Fernández *et al.*, 2013) y es por ello que en México, el uso consuntivo de agua por la agricultura es del 78% del total extraído (Fernández *et al.*, 2013); en donde, la principal forma de aplicación de los riegos en el invernadero se realiza mediante micro-irrigación a través el sistema de riego por goteo. Este sistema se compone de un depósito de agua, bomba, filtros, válvulas, dispositivo para inyectar el fertilizante en el agua de riego, tubería enterrada para conducir el agua hasta el invernadero y ahí hacer las conexiones a la cintilla que lleva incrustados los goteros (Martínez, 2013). En relación a esto, el cultivo de jitomate requiere de humedad uniforme durante todo el ciclo, es por ello que es importante que el agua esté disponible en todo momento en cantidades suficientes (Garza y Molina, 2008). Para su aplicación, todos los productores agrícolas estudiados

utilizan sistemas de riego por goteo y consideran que la cantidad de agua utilizada es suficiente. Asimismo, se debe contar con energía eléctrica para el sistema de bombeo y depósitos para el almacenamiento de agua (Nuño, 2007). Además, como de una fuente de abastecimiento de agua segura, la cual es suministrada para la producción agrícola en invernaderos en la región Poniente por los ríos Tembembe y el río Chalma; así como dos lagunas, la de Coatetelco y la de El Rodeo, siendo esta última la principal fuente

de abastecimiento de agua de riego para los productores del municipio de Miacatlán; mientras que para el municipio de Mazatepec, los productores agrícolas utilizan agua subsuperficial extraída de pozos profundos. Los productores agrícolas del municipio de Tetecala, utilizan agua proveniente del río Chalma y en el municipio de Coatlán del Río hacen uso del agua para el riego proveniente tanto de pozos profundos como de éste mismo río.

Cuadro 2. Característica de los sistemas de producción de jitomate en el poniente de estado de Morelos, México.

	Si 20.8%	No 79.2%
¿Sabe la cantidad de agua que utiliza para regar?		
Periodo de siembra	1 julio al 10 de septiembre	
Ciclo de cultivo (días)	180 promedio	
Rendimiento promedio/ha (ton)	156.56	
Fuentes de abastecimiento de agua	Ríos, pozo profundo y lagunas	
Tiempo promedio de riego (minutos)	10	
Riegos promedio aplicados por día (#)	6	
Gasto de agua (L) por día/gotero	1	
Distancia entre emisores (m)	0.4	
Distancia promedio entre camas (m)	1.6	
Longitud del surco (m)	50	
Cantidad de líneas de riego/cama (#)	2	
Sistemas de riego	Cintas de riego por goteo	
Gasto de agua por modulo (L/día/1000 m ²)	3000.00	
Gasto de agua por modulo durante el ciclo (m ³ /1000 m ²)	540.00	
Superficie total en la región (ha) con invernadero	3.68	
Cantidad de agua utilizada en la región (m ³)	19,872.00	
Cantidad de invernaderos en el estado (#)	374	
Superficie cubierta con invernaderos en el Estado de Morelos (ha)	344.08	
Cantidad de agua utilizada en el Estado (m ³)	1'858,032.00	

Con base en estos antecedentes y la distribución espacial del cultivo (distancias promedio entre goteros de 0.4 m y entre camas de 1.6 m, con una longitud de la misma de 50 m); considerando, además, dos líneas de riego por cama y un gasto de agua por gotero de 1 L hr⁻¹, se determinó, aun cuando casi el 80% de los productores desconocen la cantidad de agua que utilizan para regar, un gasto promedio de agua de 3 m³día⁻¹1000m⁻². Lo que arroja un consumo de agua de 540 m³ ciclo⁻¹ 1000 m⁻² o de 19,872 m³ de agua en 3.68 ha de suelo agrícola cubierto con invernadero y fertirriego, utilizado por los productores beneficiarios por el programa gubernamental en ésta región.

Estos resultados indican, como ha sido demostrado por diversos investigadores (Orona *et al.*, 2003; Cun *et al.*, 2005; Bahena, 2006), la importancia que adquieren la utilización de este tipo de sistemas de riego, como es el caso de riego por goteo, en donde se logran ahorros en el suministro de agua al comparar este sistema de micro-irrigación con el sistema de riego superficial o riego por gravedad, en donde para el cultivo de calabacita a cielo abierto en un suelo franco-arcillo-arenoso una disminución en el suministro de agua de casi el 70%; mientras que para el cultivo de maíz bajo estas mismas condiciones un ahorro de agua de más del 90% (Bahena, 2006).

Índice de Productividad del Agua (IPA)

En la agricultura moderna se están realizando múltiples esfuerzos con la finalidad de incrementar la cosecha de los cultivos y, al mismo tiempo, reducir el agua aplicada durante el ciclo, lo que ha sido considerado como Índice de Productividad del Agua (IPA) (Lorite y Holzapfel, 2008). En estos resultados es evidente que el índice de productividad del agua es muy marcado cuando se analizan diferentes sistemas de riego; así pues, para el cultivo del nopal en suelo Arcillo-limo-arenoso, con el riego por goteo se obtiene un IPA de 18.8 kg m⁻³ y con un sistema de riego subsuperficial de 17.5 kg

m⁻³, comparado con el tratamiento testigo o riego rodado con un IPA de 6.7 kg m⁻³ (Orona *et al.*, 2003). Además, aun cuando se comparan variedades de una misma especie, estas responden de manera diferente; por ello, Bahena *et al.* (2009), reportan IPA para el cultivo de maíz de la variedad BJM1 con 1.1 Kg m⁻³ y menos de 0.2 kg m⁻³ para la variedad MSG1. Mientras que para el cultivo de jitomate también es muy marcada la eficiencia en el uso del agua entre híbridos; Santiago (1998), reporta valores de 44.36 con kg m⁻³ para la variedad de jitomate Celebrity y el híbrido Summer Favor 5000 con 10.24 kg m⁻³.

Al respecto, los resultados obtenidos en la presente investigación, con relación a estas dos variables se muestra en la Figura 2, en el cual se puede apreciar que el índice de productividad del agua es prácticamente el mismo, por lo tanto, no se presentan diferencias estadísticas significativas entre municipios. Sin embargo, se puede determinar claramente que el mayor IPA se obtiene en el municipio de Mazatepec con 29.63 kg de fruto por m³ de agua aplicada, mientras que el valor más bajo se presenta en el municipio de Tetecala (28.01 kg m⁻³). Estos resultados ponen de manifiesto la capacidad de esta especie vegetal para alcanzar una excelente productividad del agua, ya que la aplicación de cada gota de agua es empleada de manera eficiente para el crecimiento y desarrollo de la planta reflejándose en los altos rendimientos de fruto.

Resultados similares han sido reportados por varios investigadores para esta misma hortaliza cultivada bajo diferentes condiciones. Mendoza *et al.* (2003), reportan un IPA de 44.22 kg m⁻³ cuando el jitomate se cultiva con gallinaza a razón de 19.3 ton ha⁻¹ y un IPA cuando se aplica lombricomposta en cantidades de 6.4 ton ha⁻¹. Por su parte, Montero *et al.* en 2008, obtienen el máximo IPA cuando aplican Fitomas E (43.1 Kg m⁻³) en comparación con el tratamiento control (35.9 Kg m⁻³). Mientras que Cun *et al.* (2005), encuentran el valor

más alto del IPA cuando el cultivo de jitomate se encuentra protegido (bioespacios y riego por goteo) con 52.86 Kg m^{-3} , que cuando esta especie se encuentra a cielo abierto y riego rodado (10.24 kg m^{-3}), lo que pone de manifiesto la eficiencia en el uso del agua de esta hortaliza cuando se maneja con sistemas de alta tecnología mediante la micro-irrigación a través del riego por goteo. Finalmente, los resultados obtenidos son muy superiores a los reportados por García *et al.* (2001), quienes obtienen rendimientos de jitomate cuando utilizan riego por goteo a cielo abierto de 16.67 kg m^{-3} y de 7.14 kg m^{-3} cuando utilizan riego por compuertas quienes, además, reportan ahorro del 42.85% en la aplicación del agua para el riego bajo estas dos modalidades.

Analizando los datos reportados por estos mismo investigadores (García *et al.*, 2001), señalan que cuando se cultiva jitomate en un suelo vertisol, suelos predominantes en la región Poniente, se obtienen ahorros significativos en el suministro de agua. Considerando esta

reducción en la cantidad de agua aplicada en el riego, en la Figura 3 se muestran los niveles de ahorro de agua al compararlos con los datos obtenidos en la región, lo que pone de manifiesto el uso eficiente del agua cuando se utilizan un sistema de riego por goteo en comparación con el riego por gravedad o rodado.

Ahora bien, con esta información y los datos reportados por la SAGARPA (2010), en relación a la cantidad de proyectos aprobados para la instalación y producción de jitomate en invernadero y fertirrigación, se determinó la cantidad de agua aplicada en invernadero, en la región Poniente y en el estado de Morelos. En donde es muy evidente, que existe un ahorro en el suministro de agua de $2'504,602.42 \text{ m}^3$ (Cuadro 3) al hacer uso de este sistema de riego, lo que pone de manifiesto la necesidad de hacer uso indispensable de estos sistemas de riego tecnificados como una alternativa viable y necesaria para reducir el gasto de agua en la agricultura.

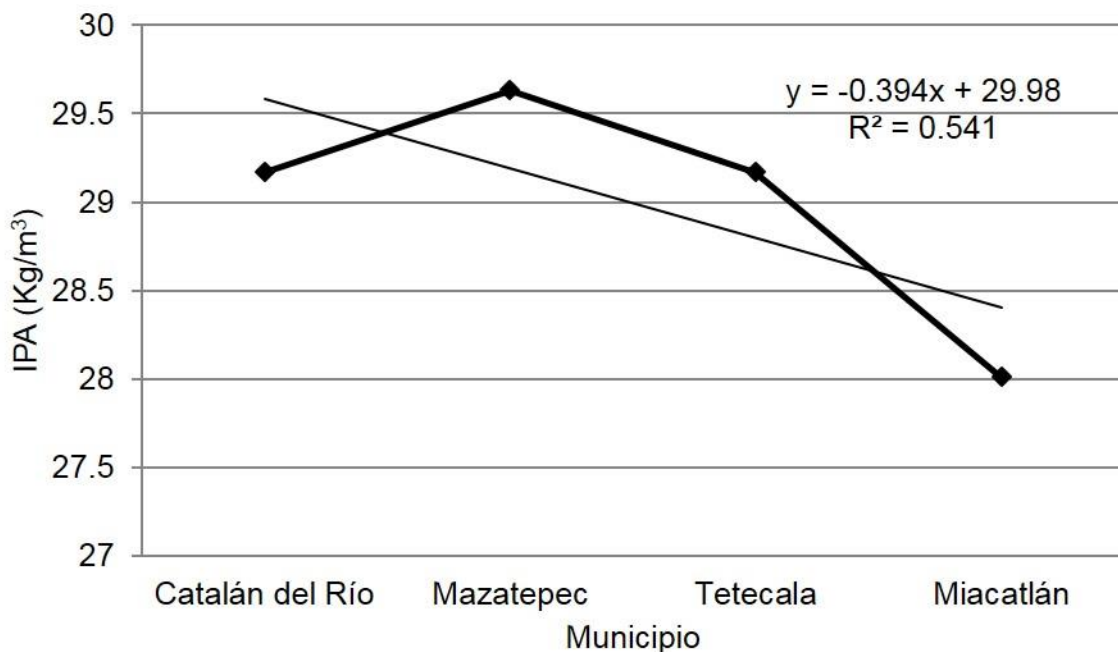


Figura 2. Índices de Productividad del Agua.

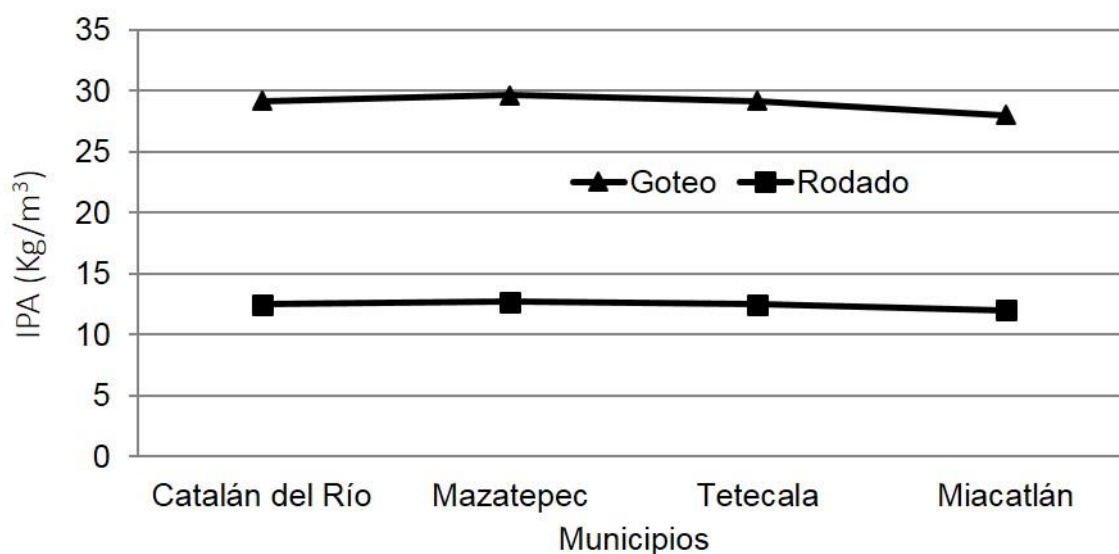


Figura 3. Cantidad de agua aplicada y su respuesta en la productividad del cultivo del jitomate bajo dos sistemas de riego.

Cuadro 3. Cantidad y ahorro de agua aplicada bajo dos sistemas de riego.

Estrato	Cantidad de agua aplicada (m³)		Ahorro de agua (m³)
	Riego rodado	Riego por Goteo	
Invernadero	1,260.21	540.00	720.21
Región Poniente	46,375.73	19,872.00	26,503.73
Estado de Morelos	4,336,130.69	1,858,032.00	2,478,098.69
Total	4,382,506.42	1,877,904.00	2,504,602.42

Fuente: Datos obtenidos de la encuesta y de SAGARPA (2010).

CONCLUSIONES

En el estado de Morelos, a pesar de que el cultivo de jitomate es de las principales especies hortícolas, hoy en día es prácticamente imposible su cultivo a cielo abierto en la región poniente del estado, esto como consecuencia de la incidencia de plagas y enfermedades, lo que ha imposibilitado su cultivo en todo el año. Como resultado de estos factores limitantes de la productividad, el gobierno federal a

través de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) ha implementado un programa de capitalización del medio rural mediante la instalación de invernadero y sistemas de riego por goteo para la producción de esta hortaliza. A pesar de estos esfuerzos, la implementación de estos sistemas de producción de alta tecnología no ha tenido el impacto esperado por los productores agrícolas.

No obstante, está ampliamente demostrado que el ahorro de agua mediante la aplicación del riego por goteo, proporciona los índices de productividad del agua superiores a 28 kg de fruto producido por metro cubico de agua aplicado, los cuales son similares a los indicados por otros investigadores al estudiar esta hortaliza bajo diferentes condiciones.

En este mismo aspecto, los sistema de producción agrícolas tradicionales, como es el caso del riego rodado o por gravedad, han demostrado su poca eficiencia y, por lo tanto, la inserción en los sistemas de jitomate mediante el uso de tecnología de punta como es el riego por goteo, han permitido lograr ahorros significativos en el aprovechamiento del agua aplicada por el riego, poniendo de manifiesta la utilización del sistema de riego por goteo y así el aprovechamiento al máximo del agua por los cultivos, manifestándose en un nivel alto en la producción de jitomate.

LITERATURA CITADA

- Bahena, G. 2006. Identificación de variables limitantes de la modernización agrícola en la subcuenca del río Yautepec en el estado de Morelos. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados. México.
- Bahena, G.; Broa, E.; Vázquez, J.; Morales, M.; Delgado, I. y Sainz, M. 2009. Sustentabilidad del agua en la producción de maíces criollos en Xalostoc, Morelos, México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo. 6(2): 197-205.
- Carabias J. y Landa R. 2005. Agua, Medio Ambiente y Sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. 1a ed. México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, El Colegio de México y Fundación Gonzalo Río Arronte. 221 pp.
- Cochran, W. G. 1976. *Técnicas de muestreo*. Compañía Editorial Continental. México.
- Cun, M.; Chaterlan, y Rodríguez, R. 2005. Uso eficiente del agua en el cultivo del tomate protegido. Resultados obtenidos en Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 14(3): 9-13.
- Fundación Produce Morelos A. C. 2011. Agenda de Innovación Tecnológica del Estado de Morelos. Recuperado el 1 de febrero de 2012, de http://www.cofupro.org.mx/cofupro/agendas/agenda_morelos.pdf.
- García P., F.; Gaona C., J.; Honda K. y Sakai T. 2001. Norma de Riego en el Cultivo de Jitomate. INIFAP-JICA. Campo Experimental "Zacatepec", SAGAR, INIFAP, CIRCE.
- Garza A., M. y Molina, V., M. 2008. Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el Estado de Nuevo León. Recuperado el 24 de enero de 2010 de <http://www.siac.org.mx/tecno/NL38.pdf>
- Geilfus, F. 2002. "80 herramientas para el desarrollo participativo. Diagnóstico, Planificación, Monitoreo y Evaluación" en Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Recuperado el 24 de abril de 2011, de http://www20.gencat.cat/docs/Joventut/EJoventut/Recursos/Tipus%20de%20recurs/Documentacio/Internacional/Arxiu/80_Herramientas_para_el_desarrollo_participativo.pdf
- Gobierno del Estado de Morelos. 2011. Portal del gobierno del Estado de Morelos (2006-2012). Recuperado el 24 de agosto de 2011, de <http://www.morelos.gob.mx/portal/index.php/morelos>.
- Fernández, D.; Martínez, M.; Tavares, C.; Castillo, R. y Salas, R. 2013. Estimación de las demandas de consumo de agua. SAGARPA-CP. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. México en cifras. Información nacional, por entidad federativa y municipios. Recuperado el 2 de julio de 2013, de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocif>

ras/default.aspx?e=17.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011. Perspectiva Estadística Morelos. Recuperado el 31 de diciembre de 2011, de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/perspectivas/perspectiva-mor.pdf>.

Martínez, J. 2013. Riego en hortalizas. Recuperado el 1 de agosto de 2013, de <http://www.agronuevoleon.gob.mx/oeidrus/hortalizas/5riego.pdf>.

Montero, L.; Duarte, C.; León, M.; Rodríguez, B. 2008. Fertirrigación ecológica en el cultivo del tomate en condiciones protegidas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 17(3): 18-21.

Lorite, I. y Holzapfel, E. 2008. Gestión del riego. En Fernández, A.; Holzapfel, E.; Callejo., I. y Billib, Max. (Eds.). *Manejo sostenible del agua para riego en Sudamérica* (pp. 27-40). Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Orona, I.; Flores, A.; Rivera, M.; Martínez, J. Espinoza, J. 2003. Productividad del agua en el cultivo del nopal con riego por goteo en la comarca lagunera. *Terra Latinoamericana*. 21(2): 195-201.

Mendoza, H.; Carrillo, J.; Perales, C. y Ruiz, J. 2003. Evaluación de fuentes de fertilización orgánica para tomate de invernadero en Oaxaca, México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 70: 30-35.

Nuño, R. 2007. Manual de Producción de Tomate Rojo Bajo Condiciones de Invernadero para El Valle de Mexicali, Baja California. Fundación PRODUCE y Gobierno del estado de Baja California, México. 34 pp.

Santiago J.; Mendoza M. y Borrego F. 1998. Evaluación de Tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) en Invernadero: Criterios Fenológicos y Fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana* 9(1): 59-65.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2013. Resumen Nacional de la Producción Agrícola. Resumen Nacional por Estado. Avances de Siembras y Cosechas Otoño-Invierno. Recuperado el 8 de noviembre de 2013 de http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=258

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. Programa de apoyo a los proyectos de inversión rural. Padrón De beneficiarios. Recuperado el 11 de septiembre de 2010, de <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/morelos/Paginas/Padron.aspx>.

Secretaría de Desarrollo Agropecuario. 2007. Programa Morelos de Desarrollo Rural Sustentable 2007-2012. Gobierno del Estado de Morelos 2006-2012.

Valenzuela L., M. y Díaz V., T. 2013. Manejo Cultural del Cultivo del Tomate. En: Curso de Agricultura Protegida. Memoria de Capacitación. Recuperado el 4 de enero de 2014, de <http://www.fps.org.mx/divulgacion/attachments/article/875/Curso%20de%20agricultura%20protegida.pdf>.