



PRODUCTIVIDAD EN CULTIVOS DE ALTO IMPACTO SOCIAL EN AGRICULTURA PROTEGIDA AL NORESTE DE LA REPÚBLICA MEXICANA IMPLEMENTANDO DIVERSAS TECNOLOGÍAS DE RIEGO

Bautista Capetillo Carlos F¹, Mojarro Dávila Francisco², Márquez Villagrana Héctor H³, Robles Rovelo Octavio⁴, Medina Carreón Aarón⁵, Félix Félix Jesús R.⁶

^{1,2} Docente-Investigador, Universidad Autónoma de Zacatecas Av. Ramón López Velarde 801 Col. Centro, Cp. 98000, Zacatecas, Zacatecas, México. Tel.: (+52) 492 92 56690 Ext. 4254. ¹E-mail: baucap@uaz.edu.mx, ²E-mail: mojarro_fr@yahoo.com.mx
^{3, 4, 5, 6} Maestro en Planeación de Recursos Hidráulicos, Universidad Autónoma de Zacatecas Av. Ramón López Velarde 801 Col. Centro, Cp. 98000, Zacatecas, Zacatecas, México. Tel.: (+52) 492 92 56690 Ext. 4254. ³E-mail: hugomarquezv@hotmail.com, ⁴E-mail: corr03@hotmail.com, ⁵E-mail: ing.aaron.medina@gmail.com, ⁶E-mail: ramiro_felix_89@hotmail.com.

Resumen

Actualmente en México existen 85 distritos de riego que cubren 3'498,164 ha del territorio nacional, durante los últimos 20 años la sequía ha originado que en 8 de ellos no se tenga agua para riego. El Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo se localiza en el estado de Tamaulipas con una superficie física de riego de 192,438 ha. En este distrito se practica en un 96% el riego por gravedad mientras que en el resto se lleva a cabo el riego presurizado en sus diversas modalidades. Para un periodo de 11 años de registro se tiene una productividad bruta promedio de 1.16 kg/m³ de agua para los cultivos de maíz y sorgo.

El presente trabajo se realizó en una superficie de riego que consistió de tres naves protegidas con casa-malla, cada una con una superficie de 1.3 ha, Los cultivos seleccionados para la producción piloto fueron: tomate en tres de sus variedades, pepino, chile habanero y pimiento morrón, con una superficie física de 6 712 m², 6 712 m², 6 712 m², 20 136 m², respectivamente. Se realizaron diversos trabajos para habilitar cada nave como: la preparación de tierras, formación de camas, instalación y reparación del sistema de riego, acolchado plástico sobre las camas de siembra, instalación de medidores de flujo y de presión. Se llevó a cabo el monitoreo del clima con el uso de 4 estaciones climatológicas una a cielo abierto y tres dentro de las naves; como un factor más para la aplicación del riego, se monitoreó la humedad del suelo a profundidades de 30 y 60 cm utilizando 24 sensores puntuales distribuidos equitativamente en todas las naves.

Se obtuvieron rendimientos en los cultivos de: 34.61 ton/ha para el pepino, 40.9 ton/ha para el jitomate, 9.19 ton/ha para pimiento morrón y 1.05 ton/ha para el chile habanero.

1- Introducción

El uso consuntivo de agua predominante en México es el del sector agrícola, con alrededor del 52.9 por ciento del total de agua extraída de la superficie y 24.1 por ciento subterránea, mientras que el consumo de población e industrial requieren el 14 y 9 por ciento, respectivamente (CONAGUA, 2010).

Los distritos de riego localizados en toda la extensión de México son divisiones de superficies para la gestión del agua mediante obras como presas, derivaciones, plantas de bombeo, pozos, canales, etc. Actualmente en México existen 85 distritos de riego que cubren 3'498,164 ha del territorio nacional, durante los últimos 20 años la sequía ha

originado que en 8 de ellos no se tenga disponibilidad de agua para riego. En cuanto a la aplicación del agua por los actuales sistemas parcelarios, se puede decir que la eficiencia de conducción y distribución promedio en distritos y unidades de riego es del 81 por ciento y la de aplicación es del 60 por ciento, esto se traduce en una eficiencia total de 48 por ciento, así por ejemplo, del total del agua disponible en el año 2000, 72 km³ de agua se emplearon para el riego de 5.7 millones de ha; sin embargo, sólo 34 km³ fueron utilizados de manera efectiva para obtener las cosechas de los cultivos (CONAGUA, 2013; CONAGUA, 2014).

El Distrito de Riego 025 (DR025) conocido como Bajo Río Bravo se localiza al noreste del estado de Tamaulipas, entre los municipios de Valle Hermoso, Matamoros, Río Bravo y Reynosa, se ubica entre las coordenadas geográficas 26° 03' - 25° 27' de Latitud Norte, 98° 15' - 97° 32' de Longitud Oeste y a una altura media respecto al nivel del mar que va de los 5 m a los 35 m. Tiene una superficie total de 269 mil ha de riego, conformado por nueve módulos de riego, los cuales forman una sociedad de responsabilidad limitada que administra la red mayor de distribución (Figura 1). El DR025 fue creado por acuerdo presidencial el 3 de junio del año 1942 (CONAGUA, 2008).

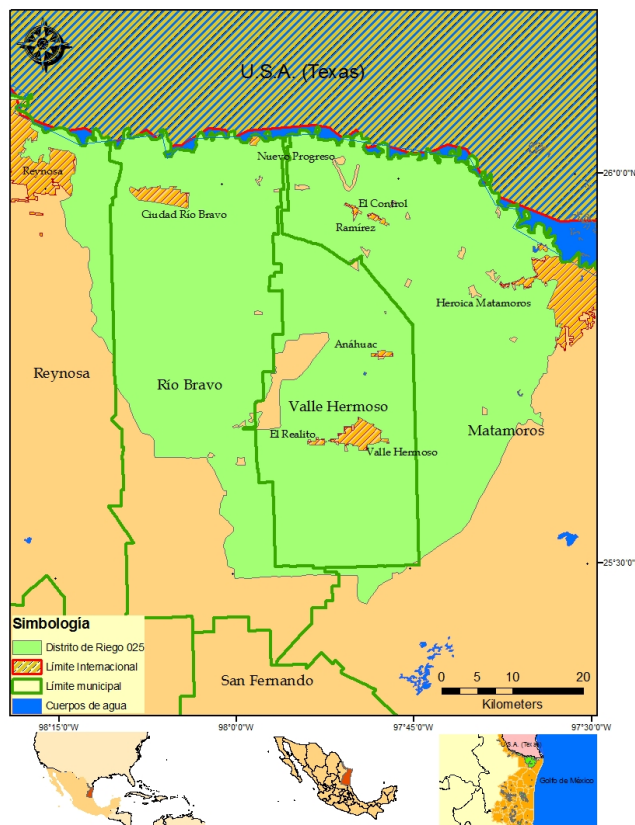


Figura 1. Localización geográfica del DR025 Bajo Río Bravo.

La superficie física y de riego del distrito 025 es de 248,391.70 ha y 201,237.34 ha respectivamente; sin embargo, para el periodo 2012-2013 la superficie física de riego registrada fue de 192,438 ha. Históricamente los principales cultivos del distrito 025 son el maíz y el sorgo (CONAGUA, 2014).

Concretamente, en el Distrito de Riego 025 Bajo Río Bravo, Tamaulipas, la asignación de agua ha sido tan baja durante los últimos años, que en algunos ciclos agrícolas no se ha garantizado el riego de los cultivos. Otras ocasiones, se ha restringido la superficie a regar, por lo que el área a sembrar en el DR025 depende básicamente de la disponibilidad de agua existente en el sistema de presas internacionales.

Los almacenamientos superficiales que abastecen de agua al distrito de riego 025 son la Presa La Amistad y Presa Falcón (Figura 2). La Presa Internacional La Amistad se

localiza en el estado de Coahuila de Zaragoza, la distancia sobre el Río Bravo hasta la Presa Internacional Falcón es de 413 km aproximadamente. De ahí hasta el inicio del Distrito de riego 025 Bajo Río Bravo existen una longitud de 111 km (CONAGUA, 2006).

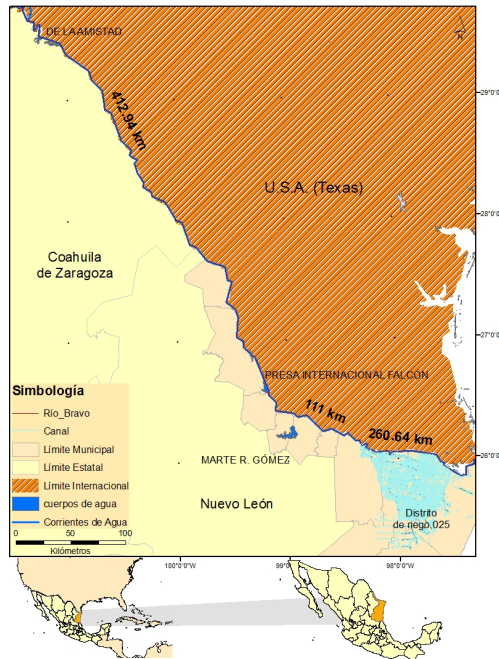


Figura 2. Almacenamientos superficiales en el DR025.

La temperatura media anual registrada en las estaciones ubicadas dentro del distrito es de 23.4°C, siendo los meses más calurosos de junio a agosto. La temperatura promedio máxima mensual es de 34.6 °C en el mes de agosto y la promedio mínima mensual de 10.5°C en el mes de diciembre. En cuanto a la precipitación, se tiene una media anual de 696.7 mm, siendo los meses más lluviosos septiembre y octubre con un porcentaje del 36.6% del total de la lluvia. Por otra parte, la evaporación media anual en el distrito es de 1,748.9 mm, muy por encima de la precipitación (251%), los meses de mayor evaporación de junio a agosto. La velocidad del viento, presenta un promedio anual de 9.2 km/hr, las de mayor intensidad se presentan en verano e invierno. En esta última época, se asocian de masas frías continentales que son conocidas como “nortes”, presentándose bajas temperaturas que ocasionan daños a los cultivos establecidos en estas fechas, por lo que deben implementarse medidas que mitiguen pérdidas de producción, como acolchado con plástico, aplicación de materia orgánica en las camas de siembra, protección de cultivos (casa malla, invernadero, micro túneles, entre otras), sistemas de calefacción (eléctricos o de gas), por mencionar algunos.

En este distrito se practica en un 96% el riego por gravedad mientras que en el resto se lleva a cabo el riego presurizado en sus diversas modalidades. Actualmente se cultivan tomate, frijol, pastos, maíz y sorgo, siendo estos dos últimos los de mayor producción en la región (CONAGUA, 2008).

Es evidente que la tecnificación parcelaria del riego a de sistemas de riego por goteo presenta diversas ventajas: aumenta la eficiencia de riego, aumenta la producción y productividad del agua en condiciones de cielo abierto y de agricultura protegida, además de presentar altas eficiencias de aplicación de entre 85 y 95%; los intervalos de riego son cortos (algunos días u horas), disminución de pérdidas por evaporación, percolación y escurrimiento superficial, incrementa la producción y la calidad de las cosechas con adecuados cuidados.

Diversos trabajos de investigación han sido evaluados implementando el riego por goteo con hortalizas a cielo abierto o casa malla (Harmanto, et al, 2005; Orgaz, F., et al, 2005; Bonachela, S. et al, 2006; Fernández, M. D., et al, 2007; Zotarelli, et al, 2007; Nagaz, K., et al, 2012; Ole M. P., 2012; Quintanal, et al, 2012; Yaghi, T., et al, 2013; Azeem, M.T, y Tariq, M., 2014; Soto, F., et al, 2014), las variables que se han estudiado varían entre la frecuencia de aplicación de agua, dosis de fertilizantes, diversidad de cultivos, la dosis de agua al considerar cierto porcentaje de ETo (Evapotranspiración de referencia) y por último, el acolchado del suelo, además constituye una alternativa ecológicamente sustentable, técnicamente factible y económicamente viable.

Una de las principales acciones para mejorar el funcionamiento del riego por goteo se basa en su automatización a diferentes niveles, ya que con este sistema se ahorra mano de obra, agua y energía eléctrica (Marcillo et al., 2011), por otro lado, Cadahia (1998) señala que el interés en la automatización de los sistemas de riego por goteo ha resultado en un aumento en la investigación y desarrollo en el campo de la instrumentación y equipo de cómputos sofisticados. Actualmente una gran variedad de instrumentación y equipo de cómputos para la automatización del riego están disponibles comercialmente.

Terán et al. (2007) trabajaron en Colombia con el cultivo de jitomate en invernadero, la producción media en este país es de 42.9 ton/ha, mencionan además que la conductividad eléctrica del agua debe estar entre 1.5 y 2.0 dS/m, la humedad relativa óptima oscila entre 60 y 80%, mientras que las humedades relativas altas favorecen el desarrollo de enfermedades de las plantas y causan agrietamiento del fruto, también que el valor óptimo para elevar los rendimientos del tomate es 1.4 de la evaporación del Tanque Tipo "A", con una lámina de 825 mm/ciclo, equivalente a 8,250 m³/ha.

Por otro lado Rodríguez et al. (2011), trabajaron en el Valle Yaqui de México con chile banana y suelo cubierto con acolchado plástico con Agribon, aplicaron láminas de 327 mm/ha para un corte de 120 días, demuestran que en el cultivo protegido se presenta una disminución del 57 % en la evapotranspiración del cultivo.

En el estado de Tabasco, México, López et al. (2010), encontraron que en el cultivo de tomate cascara con acolchado plástico y aplicación del 60% de la ETo expresada en lámina mantiene valores de potencial mátrico cercanos a capacidad de campo, por lo que sería suficiente el riego basado en este porcentaje para cumplir con el requerimiento hídrico del cultivo.

Debido a lo anterior, el objetivo de esta investigación radica en el desarrollo de un paquete tecnológico para la demostración de la producción piloto considerando cultivos de alto margen de exportación como pepino, tomate, pimiento morrón y chile habanero en la región centro norte del Distrito de Riego 025, en el estado de Tamaulipas, México.

2- Materiales y métodos

La parcela experimental donde se llevó a cabo la investigación se ubica en el predio denominado Rancho La Gloria, localizado entre las coordenadas geográficas 25° 59' 54'' de Latitud Norte, 97° 57' 40'' de Longitud Oeste y a una altura media respecto al nivel del mar de 20 m, en el municipio de Ciudad Río Bravo, Tamaulipas, México (Figura 3).

La superficie de riego se llevó a cabo en tres naves experimentales cada una con una superficie de 1.3 ha, mismas que fueron resguardadas en una estructura metálica protegida con malla sombra; así mismo, los cultivos seleccionados para la producción piloto fueron: jitomate, pepino, chile habanero y pimiento morrón, con una superficie neta de 3,356 m², 3,356 m², 3,476 m², 10,196 m², respectivamente (Figura 4).

Para el monitoreo del clima en tiempo real se instalaron 3 estaciones climatológicas de la casa Davis Instrument al centro de cada una de las naves, las cajas receptoras de datos (datalogger) del conjunto de estaciones se encuentran en las naves 6 y 7. Para el monitoreo de la humedad en el suelo se instalaron 8 sensores de humedad de la casa Watch Dog en cada una de las naves (cuatro a una profundidad de 30 cm y cuatro a una

profundidad de 60 cm), tanto las estaciones climatológicas como los sensores de humedad cuentan con un software para la revisión de la información y para descarga de datos a un ordenador portátil. Se instalaron 8 manómetros de glicerina dos en cada inicio de la línea de distribución de cada nave (medición de presión de entrada), así mismo, se instalaron 6 manómetros, dos dentro de cada nave en las últimas regantes (medición de presión de salida), seis medidores de caudal fueron instalados (dos por cada nave).

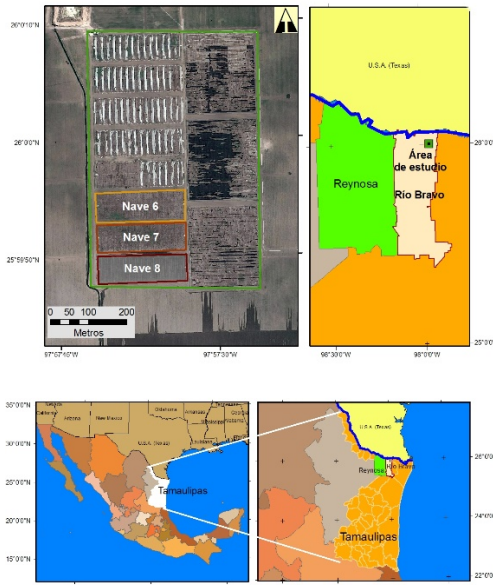


Figura 3. Localización del área de estudio.



Figura 4. Esquema de la instalación del equipo y distribución de los cultivos.

Características del diseño del sistema de riego por goteo. El espaciamiento entre líneas regantes se estableció en 1.6 metros de acuerdo a especificaciones de cada cultivo a sembrar, cada uno de los 28 túneles de las naves cuenta con 5 camas para la siembra de los cultivos, el ancho de cada cama es de aproximadamente 0.8 m. La cintilla instalada fue calibre 6000, con goteros espaciados a cada 20 cm, el caudal de 3.74 lph por metro lineal de cintilla, con presión de operación de 0.56 bares (8 psi), se tendieron 283 líneas de cintilla por nave cada una con una longitud de 30 m. Este tipo de cintilla se eligió debido las características del suelo (velocidad de infiltración básica de 2 a 8 mm hr⁻¹ según Montiel, 2012). El caudal de extracción en el pozo es aproximadamente de 15 a 17 litros por segundo, suficientes para irrigar simultáneamente 2.01 hectáreas. Cabe mencionar que las líneas de conducción y distribución se encontraban instaladas, únicamente se habilitaron las líneas regantes y el sistema de bombeo.

Diversas variables se estimaron para la evaluación del riego: calidad de agua, características físico químicas del suelo, evapotranspiración de los cultivos, monitoreo de la humedad en el suelo, crecimiento de planta y condiciones climatológicas de la región.

3- Resultados y discusión

Los trabajos realizados en esta investigación iniciaron con el reconocimiento en campo para revisar el estado del sistema de riego y proponer soluciones para la operación, así mismo se realizó un levantamiento topográfico (Estación total marca Sokkia) para la definición de la nivelación del terreno y planeación de instalación de infraestructura de riego.

El agua se definió en calidad apta para riego con un tratamiento primario, presentó una conductividad eléctrica de 2.98 µS/cm, pH de 7.48, oxígeno disuelto de 7.02 mg/lt, la temperatura del agua utilizada fue de aproximadamente 22°C y los sólidos disueltos de 1555 mg/lt.

Para la caracterización físico-química del suelo se tomaron 18 muestras de suelo, 9 a una profundidad de 30cm y 9 a una profundidad de 60cm, el muestreo se llevó a cabo de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2000). El suelo resulto en su mayoría en uno franco arcilloso con una saturación de 53%, capacidad de campo (Cc) de 39.9%, punto de marchitez permanente (Pmp) de 21.9% y densidad aparente de 1.3, valores promedio para toda la superficie de riego.

Tabla 1. Características físico-químicas del suelo en cada una de las naves experimentales.

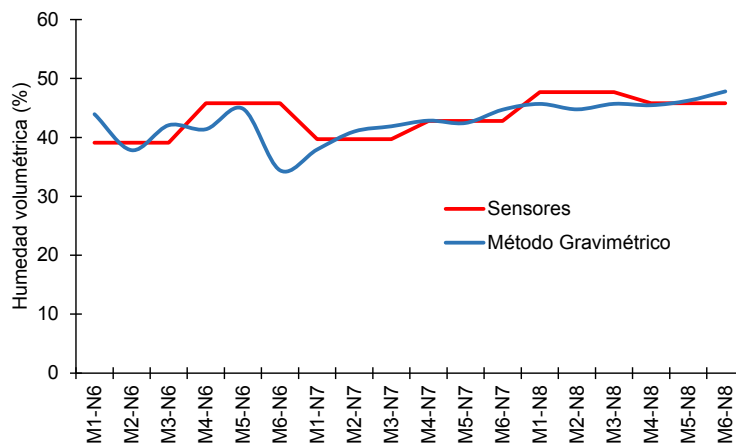
Nave	Estrato (cm)	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Clase textural	Punto a saturación (%)	Cc (%)	Pmp (%)	Densidad aparente (gr/cm ³)
6	0-30	42.60	32.68	24.72	Franco-arcilloso	51.25	38.43	21.14	1.33
	30-60	47.32	32.68	20.00	Franco-arcilloso	53.03	39.77	21.87	1.37
7	0-30	42.60	32.68	24.72	Franco-arcilloso	51.25	38.43	21.14	1.33
	30-60	47.32	32.68	20.00	Franco-arcilloso	53.03	39.77	21.87	1.37
8	0-30	32.96	32.68	28.36	Arcilla	63.73	47.79	26.29	1.31
	30-60	31.32	47.04	21.64	Arcilla	44.91	33.68	18.52	1.32

Con base en lo anterior, se obtuvieron los caudales necesarios (Tabla 2) para la operación del sistema en conjunto, y así, determinar el tiempo de riego.

Tabla 2. Caudales para cada cultivo.

Cultivo	Sup. de riego (m ²)	Sup. efectiva de riego (m ²)	No. de camas	Longitud de las camas (m)	No. de goteros por cama	Espacio entre emisores (m)	Volumen de descarga (m ³)	Caudal (lps)
Pimiento morrón rojo	6444	3222	134	30	150	0.2	15.03	4.18
Pimiento morrón amarillo	5235	2618	109	30	150	0.2	12.23	3.40
Pimiento morrón naranja	5235	2618	109	30	150	0.2	12.23	3.40
Pimiento morrón verde	3222	1611	67	30	150	0.2	7.52	2.09
Pepino	6712	3356	140	30	150	0.2	15.71	4.36
Chile habanero	6712	3356	140	30	150	0.2	15.71	4.36
Tomate	6712	3356	140	30	150	0.2	15.71	4.36

Se tomaron 6 muestras de suelo en cada una de las naves experimentales a una profundidad de 30 cm, con el objetivo de comparar el monitoreo de la humedad del suelo de los sensores y la humedad obtenida por el método gravimétrico (Figura 5).



M=Muestra de suelo; N=Nave

Figura 5. Humedad volumétrica en el suelo obtenida por el método gravimétrico y por sensores de humedad.

Los datos de la Figura 5 indican mínimas diferencias en cuanto al contenido de humedad registrado en los sensores y el obtenido con el método gravimétrico (nave 6-1.7%, nave 7-0.6%, nave 8-0.8%) con lo que se verifica la funcionalidad y confiabilidad de las lecturas de los sensores de humedad.

El 18 de agosto de 2014 comenzó el trasplante de jitomate y pepino (nave 6), posteriormente el 20 de agosto de ese mismo se trasplantó el pimiento morrón y chile habanero (naves 7 y 8). Con una densidad de plantas de 40,000 por hectárea para el pimiento morrón y chile habanero, y de 20,000 por hectárea para el pepino y jitomate. Por otro lado, la cosecha inició en el mes de octubre del año 2014 para el pepino, para el jitomate y pimiento morrón en noviembre-diciembre del año 2014, y el chile habanero en marzo del 2015.

La producción, productividad y lámina de riego para cada cultivo fue: a) pepino: producción de 34.67 ton/ha, productividad de 22.36 kg/m³, lámina de 230 mm; b) pimiento morrón: producción de 9.19 ton/ha, productividad fue 3.32 kg/m³, lámina de 277 mm; c) chile habanero: producción de 1.05 ton/ha, 0.3 kg/m³ de productividad, lámina de 350 mm; d) tomate: producción de 40.90 ton/ha, 11.24 kg/m³ de productividad, lámina de 364 mm. De acuerdo al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2014) y a las Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego-EADR- (2014), en el estado de Tamaulipas la producción media en el ciclo Otoño-Invierno para el pepino fue de 15.5 ton/ha, para el pimiento de 36.0 ton/ha, para el chile habanero de 10.0 ton/ha y para el tomate de 21.43 ton/ha. Cabe mencionar que a la fecha (abril de 2015) el pimiento morrón y chile habanero se encuentra periodo de cosecha y se tiene una expectativa de obtener una producción por encima de la reportada por el SIAP y EADR, 2014, los datos anteriores, muestran un incremento en el rendimiento del 192% para el pepino y para el jitomate del 191 %.

Diversos problemas se presentaron que complicaron el proceso de una alta producción entre los cuales se encuentran los excesos de humedad por las altas precipitaciones en el mes de septiembre (180.4 mm, esta precipitación fue un 63 % superior a la media histórica correspondiente a ese mes), así como plagas y enfermedades que ocasionaron daños de alguna manera a los cultivos establecidos, lo que origino pérdidas menores en todos los cultivos.

A principios del mes de octubre 2014, en general, la humedad del suelo se encontró por debajo de capacidad de campo por lo que son notables los riegos hasta la presencia de lluvias. Diversos investigadores han determinado que a la presencia de protección del suelo con acolchado plástico la evapotranspiración del cultivo disminuye en un rango de 30% a 40% de su valor en condiciones normales (López et al., 2010; Rodríguez et al., 2011), por lo que el criterio para la definición del riego a los cultivos en las diferentes naves hasta el mes de noviembre 2014 fue considerar el 60% de la evapotranspiración del cultivo según se requirió. A partir de este mes, los riegos fueron sólo para fertilización debido a las intensidades de lluvia (registros máximos de hasta 50 mm en menos de 24 hrs en el mes de febrero 2015), por lo que la aplicación de agua se definió en base a las lecturas de los sensores de humedad (a una profundidad de 30 cm), considerando un 65% de la humedad fácilmente aprovechable según Montiel, 2012 (Tabla 3).

Tabla 3. Criterio para la aplicación de riego en base al contenido volumétrico de humedad (%) registrado en los sensores.

Nave	Tipo de suelo	Cc (%)	Pmp (%)	Rango de humedad considerado (%)	Aplicar riego (%)
Nave 6	Franco Arcilloso	38.44	21.14	32-38	< 32
Nave 7	Franco Arcilloso	38.43	21.15	32-38	< 32
Nave 8	Arcilloso	47.79	26.29	40-48	< 40

En promedio, para todas las naves, las estaciones climatológicas registraron una evapotranspiración potencial de 1.95 mm/día, precipitación de 523.9 mm, humedad relativa de 81.8 %, temperatura media de 22.02 °C y velocidad del viento de 3.52 km/hr. Estos resultados fueron evaluados desde el mes agosto del año 2014 hasta abril del año 2015. En la Figura 6 se ilustran los datos registrados por la estación climatológica de la nave 7.

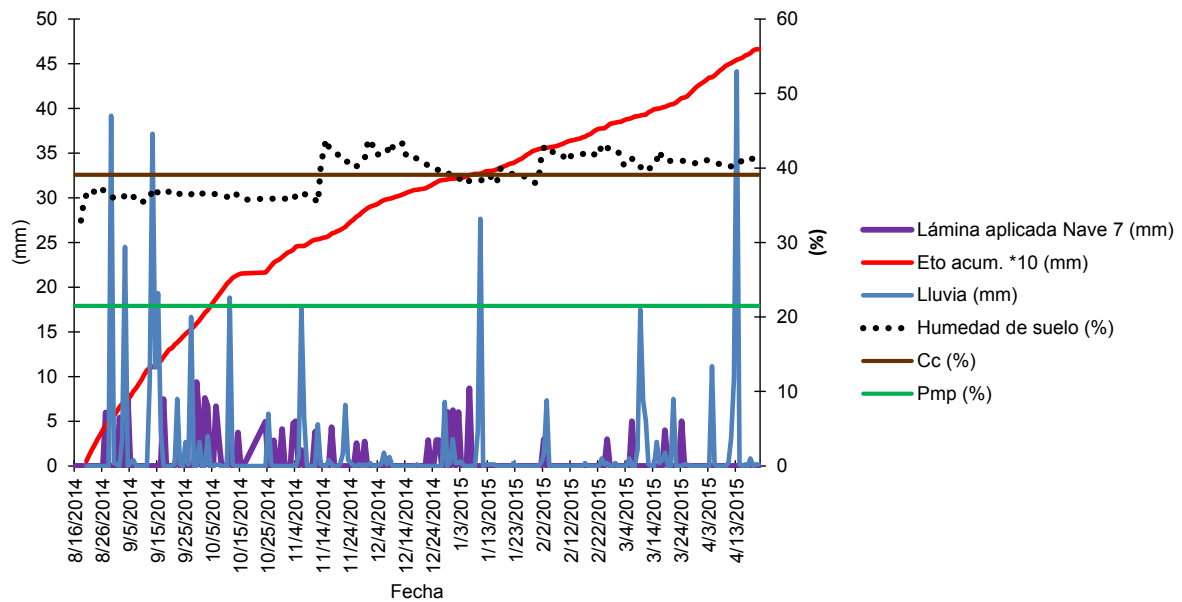


Figura 6. Registros históricos de la estación climatológica y sensor de humedad de la Nave 7 con cultivo de pimiento morrón y chile habanero (lamina aplicada, precipitación, evapotranspiración, contenido de humedad del suelo, capacidad de campo-Cc-, punto de marchitez permanente –Pmp-, evapotranspiración acumulada -*10 mm-).

Para evaluar el riego en las parcela experimentales se determinaron parámetros como la uniformidad de distribución (U.D.) (Christiansen, 1942) y la eficiencia de aplicación en cada una de las naves (Tabla 4).

Tabla 4. Indicadores del rendimiento durante el riego.

<i>Nave</i>	<i>C.U.</i>	<i>U.D.</i>	<i>Eficiencia de aplicación (%)</i>
6	0.92	89.0	91.0
7	0.96	95.9	94.0
8	0.94	89.5	92.0

Los resultados de la Tabla 4 clasifican al sistema en conjunto, y de acuerdo al autor, como bueno en lo que concierne uniformidad (C.U.) y aplicación de agua.

4- Conclusiones y recomendaciones

Los rendimientos de los cultivos y productividad del agua de la zona experimental se elevaron para el pepino y para jitomate, el pimiento morrón y chile habanero se encuentran aún en etapa de cosecha por lo no se ha llegado a los resultados finales de producción y rendimientos. Se ha demostrado que esta metodología puede implementada en la región rompiendo el esquema comúnmente practicado en la zona, y un proyecto prácticamente viable a corto o mediano plazo para los usuarios de la región y con una prospectiva estratégica, puede ser sostenible, es decir, económicamente rentable. Para el caso específico de este distrito de riego, el mercado es amplio pues no solamente podría abastecer en pequeña proporción la demanda regional y/o nacional sino también, y debido a la cercanía con Estados Unidos de Norteamérica, ampliar el comercio con este país vecino, cumpliendo ampliamente con los requerimientos de calidad que esto conlleve.

5- Bibliografía

- Azeem, M.T. y Tariq, M. (2014). Evaluation of comparative water use efficiency of furrow and drip irrigation systems for off-season vegetables under plastic tunnel. *International journal of agriculture and crop sciences*. 4. 185-190.
- Bonachela, S. González, A.M. y Fernández, M.D. (2006). Irrigation scheduling of plastic greenhouse vegetable crops based on historical weather data. *Irrigation Science*. 1. 53-62.
- Cadahia, L.C. (1998). *Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales*. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Christiansen, J.E. (1942). *Irrigation by Sprinkling*. California Agricultural Experiment Station Bull, 670.
- CONAGUA (2006). *Plan director para la modernización integral del riego del Distrito de riego 025 bajo Río Bravo, Tamaulipas*. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Irrigación. Chapingo, México.
- CONAGUA (2008). *Manual de operación del programa de rehabilitación, modernización, tecnificación y equipamiento de distritos de riego y temporal tecnificado, componente de equipamiento de los distritos de riego*. Subdirección general de infraestructura hidroagrícola. Gerencia de Distrito de Riego.
- CONAGUA (2010). *Estadísticas del agua en México*.
- CONAGUA (2013). *Estadísticas agrícolas de los distritos de riego*.
- CONAGUA (2014). *Plan nacional hidráulico 2013-2018*.
- EADR (2014). *Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego*. IMTA-CONAGUA.
- Fernández, M. D. González, A.M. Carreño, J. Pérez, C. y Bonachela, S. (2007). Analysis of on-farm irrigation performance in Mediterranean greenhouses. *Agricultural Water Management*. 1. 251-260.
- Harmanto, Salokhe, V.M. Babel, M.S. y Tantau, H.J. (2005). Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. *Agricultural Water Management*. 1. 225-242.
- López, L.R. Arteaga, R.R. Vázquez, P.M. López, C.I. y Sánchez, C.I. (2010). Producción de tomate de cascara (*physalis ixocarpa* Brot.) basado en láminas de riego y acolchado plástico. *Revista Chapingo serie horticultura*. 1. 83-89.
- Marcillo, Z.H. Ortega, C.J. Quijano, V.H. y Sornoza, M.J. (2011). *Automatización de un sistema de riego por goteo en invernadero para la producción del cultivo de tomate (*lycopersicum esculentum* mill.) en la hacienda "La Teodomira"*. Tesis de grado. Ecuador.
- Montiel, V.A. (2012). *Diseño agronómico de sistemas de riego presurizado*. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Nagaz, K. Moncef, M.M. y Mechlia, N.B. (2012). Effects of deficit drip-irrigation scheduling regimes with saline water on pepper yield, water productivity and soil salinity under arid conditions of Tunisia. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*. 2. 85-103.
- Ole, M.P. (2012). *Comparison of water consumption between greenhouse and outdoor cultivation*. Thesis of Master Science. Irrigation and Drainage. Enschede, the Netherlands.
- Orgaz, F. Fernández, M.D. Bonachela, S. Gallardo, M. y Fereres, M. (2005). Evapotranspiration of horticultural crops in an unheated plastic greenhouse. *Agricultural Water Management*. 1. 81-96.
- Quintanal, O.W. Pérez, G.A. Latournerie, M.L. May, L.C. Ruiz, S.E. y Martínez, Ch. A. (2012). *Uso de agua, potencial hídrico y rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.)*. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Conkal. Mérida, Yucatán, México.



- Rodríguez, J.C. Watts, C. Garatuzza, P.J. Rivera, M.A. Lizarraga, C.C. López, E.J. Ochoa, M.A. Moreno, S.S. y Rentería, M.M. (2011). Evapotranspiración y coeficiente de cultivo en chile banana (*capsicum annum* L.) en el valle del Yaqui, México. *Revista de ciencias biológicas y de salud*. 3. 28-35.
- SEMARNAT (2000). Norma Oficial Mexicana, (NOM-021-SEMARNAT-2000). Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
- SIAP (2014). Servicio de información agroalimentaria y pesquera para el estado de Tamaulipas, México.
- Soto, F. Gallardo, M. Giménez, C. Peña, F.T y Thompson, R.B. (2014). Simulation of tomato growth, water and N dynamics using the EU Rotate_N model in Mediterranean greenhouses with drip irrigation and ferti-irrigation. *Agricultural Water Management*. 1. 46-59.
- Terán, Ch. C. Valenzuela, M.M. Villaneda, V.E. Sánchez, L.G. e Hio, P.J. (2007). Manejo del riego y la fertirrigación en tomate bajo cubierta en la sabana de Bogotá. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*. 1. 88.
- Yaghi, T. Arslan, A. y Naoum, F. (2013). Cucumber (*Cucumis sativus*, L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. *Agricultural Water Management*. 1. 149-157.
- Zotarelli, L. Dukes, M.D. Scholberg, J.M. Hanselman, T. Femminella, L.K. y Muñoz, C.R. (2007). Nitrogen and water use efficiency of zucchini squash for a plastic mulch bed system on a sandy soil. 1. 8-16.