

Productividad del agua en manzano producido bajo diferentes niveles de tecnificación en Cuauhtemoc, Chihuahua, México

José Luis Ríos Flores²⁵ Miriam Torres Moreno²⁶
Manuel de Jesús Azpilcueta Ruíz Esparza²⁷

RESUMEN

En la región de Cuauhtémoc, Chihuahua el recurso agua es escaso y durante los últimos años se han venido observando serios problemas de sobreexplotación de los acuíferos. Este trabajo tuvo como objetivo determinar la productividad del agua en el cultivo de manzano producido bajo tres niveles tecnológicos; alto (AT), medio (MT) y bajo (BT). Los indicadores de productividad fueron 3.18 kg m⁻³ en huertos AT, 2.02 kg m⁻³ en huertos MT, y 0.91 kg m⁻³ en huertos BT, es decir se emplearon 314 L kg⁻¹ de manzana en huertos AT, 495 L kg⁻¹ en huertos MT y 1,100 L kg⁻¹ en huertos BT. La ganancia por hectómetro fue US\$614,244 hm⁻³ en huertos AT, US\$284,726 hm⁻³ en huertos MT, y US\$84,314 hm⁻³ en huertos BT. Los indicadores de productividad social fueron 22.7 empleos hm⁻³ en huertos AT, 19.6 empleos hm⁻³ en huertos MT y 28.1 empleos hm⁻³ en huertos BT. Se concluye que la productividad del agua en la producción de manzano en Cuauhtémoc, Chihuahua estuvo relacionada al nivel de tecnificación de los huertos así como con la rentabilidad de los sistemas de producción.

Palabras clave: cosecha de agua, eficiencia, huella hídrica, huertos.

Water productivity in apple tree produced under different levels of tecnification in Cuauhtemoc, Chihuahua, Mexico

ABSTRACT

In the region of Cuauhtémoc, Chihuahua resource water is scarce and for years have been observed serious problems of overexploitation of aquifers. This work

Fecha de recepción: 4 de febrero de 2017 Fecha de aceptación: 15 de febrero de 2017

Modelo de citación:

RÍOS FLORES, José Luis. TORRES MORENO, Miriam. RUÍZ SPARZA, Manuel de Jesús Azpilcueta. PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN MANZANO PRODUCIDO BAJO DIFERENTES NIVELES DE TECNIFICACION EN CUAUHTEMOC, CHIHUAHUA, MÉXICO. Revista Asuntos Económicos y Administrativos No.32, Primer semestre 2017. ISSN 0124-1133. Universidad de Manizales. pp. 135-146

25 Universidad Autónoma Chapingo – Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas Carretera Gómez Palacio – Ciudad Juárez Km 38.5., Bermejillo, Durango. México. CP 35230 e-mail: j.rf2005@hotmail.com (*Autor responsable). Tel. + 52 (871)-7760160.

26 SAGARPA, Delegación-Región Lagunera-Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural, Cd. Lerdo 35000, Dgo., México.

27 Universidad Autónoma Chapingo – Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas Carretera Gómez Palacio – Ciudad Juárez Km 38.5., Bermejillo, Durango. México. CP 35230 e-mail: j.rf2005@hotmail.com Tel. + 52 (871)-7760160

aimed to determine water productivity in the cultivation of apple produced under three technological levels; high (AT), medium (MT) and low (BT). Productivity indicators were 3.18 kg m^{-3} in orchards AT, 2.02 kg m^{-3} in orchards MT, and 0.91 kg m^{-3} in orchards BT, i.e. employed 314 L kg^{-1} of apple in orchards AT, 495 L kg^{-1} in MT and orchards $1,100 \text{ L kg}^{-1}$ in orchards BT. The profit per hectometer was US\$ 614,244 hm^{-3} in orchards AT, US\$ 284,726 hm^{-3} in orchards MT, and US\$ 84,314 hm^{-3} in orchards BT. The social productivity indicators were 22.7 jobs hm^{-3} in orchards AT, 19.6 jobs hm^{-3} in orchards MT and 28.1 jobs hm^{-3} in orchards BT. It is concluded that the water productivity in the production of Apple in Cuauhtémoc, Chihuahua was related to the level of technological levels of the orchards, as well as the profitability of production systems.

Key words: Water harvest, efficiency, water footprint, orchard.

Introducción

El municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, destaca por su dinámica e importante producción agroindustrial, particularmente en la producción de manzana (Díaz *et al.*, 2014), que contribuye con el 28% de la producción estatal, 34% del Valor Bruto de la Producción y 8 millones de jornales al año (SIAP, 2014), lo que indica la importancia económica que tiene el manzano para esa región. El estado de Chihuahua, durante el ciclo agrícola 2014 empleó un total de 1 285 600 Millones de metros cúbicos (Mm^3), para el riego de 92, 521 hectáreas (CONAGUA, 2015). De acuerdo con el DOF (2015), la extracción anual en el acuífero de Cuauhtémoc, Chihuahua es de 311.28 Mm^3 , mientras que las recargas se estiman en 115.2 Mm^3 , teniendo un déficit de alrededor de 196.8 Mm^3 , por lo que se calcula que el 95% del manzano establecido en Cuauhtémoc, Chihuahua depende del agua de riego extraída de pozo profundo (Ramírez-Legarreta, *et al.*, 2011), la situación resulta agravante y confirma las predicciones realizadas para el acuífero, mismas que señalan que de mantenerse el déficit en las recargas, en el corto plazo no se podrá mantener esa extracción, y por consiguiente las actividades agrícolas de la región sufrirán un colapso (García, *et al.*, 2013) y es que de acuerdo con Boutraa, (2010), la producción de cultivos en regiones donde el agua es un factor limitante, debe reorientarse a producir mayores rendimientos tanto físicos como económicos, empleando la menor cantidad de agua. En este sentido, cobra importancia el concepto de la productividad del agua, establecido por Kijne *et al.*, (2003), como una medida para determinar la capacidad de los sistemas agrícolas de convertir el agua en alimento. En la práctica, este indicador se emplea como herramienta de diagnóstico, cuyo objetivo es analizar las diferentes oportunidades de redistribución que puede tener el recurso, agua. El objetivo de este trabajo fue determinar la productividad del agua de riego en el cultivo manzano en huertos con diferentes niveles de tecnificación en Cuauhtémoc, Chihuahua.

Materiales y métodos

Localización del área de estudio

El municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, México, localizado entre los paralelos 28° 20' y 29° 12' de latitud norte; los meridianos 106° 32' y 107° 17' de longitud oeste; altitud entre 1 800 y 2 900 msnm (INEGI, 2010). De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (2004) el tipo de clima es el clima semiseco templado (Bs1 Kw). La temperatura media anual es de 14°, con máximas de 37.7° y mínimas de -14.6°, con precipitación media anual de 439 mm.

Fuentes de información

Se utilizaron como datos base las cifras de superficie cosechada, producción física anual y Valor Bruto de la Producción (VBP), reportados para el municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, por el SIAP, (2014) para el ciclo agrícola 2013. Posteriormente, a partir de ellos, se obtuvieron las variables de rendimiento físico por hectárea (RF), Precios Medios Rurales por tonelada (PMR). Se utilizó la información de costos de producción por hectárea para los productores de manzana de bajo (BT), mediano (MT) y alto (AT) nivel tecnológico proporcionada por UNIFRUT, con sede en Cuauhtémoc, Chihuahua. Los costos por hectárea proporcionados por la UNIFRUT, están valorados a precios de mercado, precios-productor y precios- a pie de finca, mismos que se cambiaron con base en la paridad cambiaria peso mexicano-dólar americano emitida por el Banco de México al día 14 de abril de 2015 a las 1256 horas, de \$15.365 pesos por dólar. Las láminas de riego netas para el cultivo de manzano fueron de 1.1m.

La Unión Agrícola Regional de Fruticultores del Estado de Chihuahua, (UNIFRUT por sus siglas), fue fundada en el año de 1965 y actualmente está conforma por 17 asociaciones. La UNIFRUT aglutina a los productores de frutas, en Chihuahua, dentro de las cuales, el manzano es la relevante, aunque existen pequeñas superficies de carácter marginal como el pistacho. Está Unión estratifica a 2,500 productores de manzano en tres bloques: Altamente tecnificados (14%), medianamente tecnificados (55%) y de bajo nivel tecnológico (31%).

Indicadores de eficiencia y productividad analizados

Litros de agua empleados en el riego necesario para producir 1 kg de manzana (Y_1). Kilogramos de manzana producidos por cada m^3 de agua usado en el riego (Y_2). Utilidad bruta por hectómetro de agua empleada en riego de manzano (Y_3). Metros cúbicos necesarios para producir US\$1 de utilidad bruta (Y_4).

Ingreso bruto por cada m^3 de agua / precio del m^3 de agua al productor (Y_5). Empleos generados por cada hectómetro de agua empleado en riego (Y_6).

Horas de trabajo invertidas por tonelada (Y_7). Ganancia por trabajador (Y_8).

Ganancia por hora invertida por trabajo (Y_9).

Punto de equilibrio expresado en tonelada por hectárea (Y_{10}). Vulnerabilidad crediticia (Y_{11}).

Resultados y discusión

Productividad física del agua de riego en manzano

La producción de manzana durante el ciclo agrícola 2013 generó a nivel nacional un valor del orden de los \$4,265.3 millones de pesos (equivalente a US\$277.6 millones), dentro de los cuales Chihuahua, contribuyó con poco más del 75%, mientras que Cuauhtémoc, Chihuahua generó el 25.96% de ese Valor Bruto de la Producción (VBP). Se calcula que para ese ciclo agrícola en los huertos de nivel tecnológico medio (MT) emplearon un total de 85.47 Millones de metros cúbicos (Mm^3), mientras que de acuerdo con el DOF (2015) la recarga es de $115.2 Mm^3$, lo que indicaría que los huertos nivel tecnológico medio emplean el 74.19% del agua que se recarga anualmente al acuífero, sin tomar en cuenta el volumen de agua que emplean los huertos BT y AT. En este sentido, Peña y Alatorre, (2013), en Cuauhtémoc, Chihuahua, localizaron un total de 1,467 pozos de categoría agrícola, cuyos volumen de extracción total se calcula en $135.449 Mm^3$, sin embargo el cultivo de manzano por si solo emplea un total de $161.674 Mm^3$, lo que indicaría que este cultivo empleo $26.225 Mm^3$ más agua que el volumen concesionado. Los recursos hídricos son un motor económico importante en muchas regiones, ya que pueden limitar la producción de alimentos, generación de energía, y las actividades en otros sectores económicos (Sauer *et al.*, 2010). En diferentes escalas, que van desde la parcela, región, Distrito de Riego, cuenca hidrográfica, tanto la eficiencia física y económica tiene diferentes implicaciones y debe ser representado en diferentes formas.

Los índices de eficiencia física mostrados en el Cuadro 1, indican que en promedio los huertos de bajo nivel tecnológico (BT) produjeron $0.91 kg m^{-3}$, los altamente tecnificados (AT) obtuvieron $3.18 kg m^{-3}$, mientras los huertos de bajo nivel tecnológico (BT) obtuvieron $2.02 kg m^{-3}$, lo que indica que los huertos BT produjeron solamente el 45% de lo que generaron los huertos MT empleando la misma cantidad de agua. Mientras que los huertos AT produjeron 58% más producto que los MT. Los resultados anteriores indican que el nivel de tecnificación de los huertos está directamente relacionado a los niveles de productividad física que puedan alcanzarse. Sin embargo, aun cuando los resultados indicaron una ventaja en los huertos AT, estos indicadores se encuentran por debajo de los determinados por Parra *et al.*, (2005),

quienes en condiciones de riego por cintilla con lámina de riego de 24.6cm determinaron índices promedio de $13.08 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, mientras para una lámina de riego de 216cm estimaron un índice promedio $1.87 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Por otro lado, Bradbear & Friel (2011), determinaron índices de $3.2 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ para manzano y peral producido en Australia. Visto de otra forma los huertos de bajo nivel tecnológico (BT) emplearon $1,100 \text{ L kg}^{-1}$, los huertos de nivel tecnológico medio (MT) emplearon 314 L kg^{-1} , mientras los huertos AT emplearon 495 L kg^{-1} . Estos indicadores son de suma importancia si consideramos que de acuerdo con Zegbe & Serna-Perez (2012) el 70% de la superficie establecida con manzano se encuentra ubicada en la parte semiárida del norte de México, donde la principal limitante de la agricultura es el agua.

Productividad económica del agua en manzano de Cuauhtémoc, Chihuahua

El Cuadro 1, muestra los rendimientos físicos alcanzados bajo los diferentes niveles tecnológicos, observándose que los huertos de bajo nivel tecnológico (BT) tuvieron rendimientos promedio de 10 ton ha^{-1} , es decir; bajo este nivel tecnológico se produjo 45% de lo que produjeron los huertos de nivel tecnológico medio (MT), mismos que produjeron en promedio $22.21 \text{ ton ha}^{-1}$, mientras que los huertos AT alcanzaron producciones promedio de 35 ton ha^{-1} . En este sentido Sami *et al.*, (2011) determinaron que el promedio de producción para Irán fue de $17.64 \text{ ton ha}^{-1}$, por lo que la producción de este país podría equipararse con la de los huertos de nivel tecnológico medio en Cuauhtémoc, Chihuahua. Sin embargo, es importante considerar que China es el principal productor en el mundo y de acuerdo con Zhang *et al.*, (2010) los rendimientos en aquel país alcanzan hasta $63.30 \text{ ton ha}^{-1}$, lo que indica que la producción obtenida en China es 180% superior a la producción que se tiene en los huertos de alto nivel tecnológico en Cuauhtémoc, Chihuahua.

Respecto de los ingresos monetarios por hectárea encontrados en los tres diferentes niveles tecnológicos, se determinó que estos fueron favorables. En huertos de bajo nivel tecnológico (BT) se obtuvo un ingreso de $\text{US}\$2,806 \text{ ha}^{-1}$, mientras en huertos MT se obtuvo un ingreso de $\text{US}\$8,497.71 \text{ ha}^{-1}$, lo que indica que los huertos BT generaron el 33% del ingreso por hectárea que generaron los huertos MT. Por otro lado los huertos AT generaron un ingreso igual a $\text{US}\$14,607 \text{ ha}^{-1}$, lo que muestra que el ingreso generado por los huertos AT fue 72% superior al ingreso generado por los huertos MT. En este sentido Akdemir *et al.*, (2012) determinaron un ingreso de $\text{US}\$7,912.65 \text{ ha}^{-1}$ en manzano producido en Turquía, lo que indicaría que el ingreso por hectárea determinado por estos autores es equiparable al encontrado en los huertos de nivel tecnológico medio (MT). En este sentido en el Cuadro, 1 se indica la Relación Beneficio / Costo (R B/C) de los huertos BT fue 1.49, con una tasa de ganancia

del 49.4%, mientras los huertos MT obtuvieron una R B/C igual a 1.58 con tasa de ganancia del 58.4%, indicando que los huertos de bajo nivel tecnológico (BT) generaron el 94% de la ganancia lograda por los huertos de nivel tecnológico medio. Por otro lado los huertos AT obtuvieron una R B/C igual a 1.86 con tasa de ganancia del 86.1%, lo que indica que los huertos AT produjeron 47% más ganancia que los huertos MT. En este sentido Akdemir *et al.*, (2012), determinaron un índice de R B/C igual a 1.48, con tasa de ganancia del 48%, lo que muestra que los huertos de manzana establecidos en Turquía generan en promedio una ganancia equiparable a la de los huertos de bajo nivel tecnológico en Cuauhtémoc, Chihuahua.

Cuadro 1: Indicadores de la productividad del agua en la producción del cultivo de manzana en Cuauhtémoc, Chihuahua en 2013.

Variable	Unidad	A) Huertos BT	B) Huertos AT	C) Huertos MT	A/C	B/C
Rendimiento físico	Ton ha ⁻¹	10	35	22.21	0.45	1.58
Ingreso monetario	US \$ ha ⁻¹	\$2,806	\$14,607	\$8,497.71	0.33	1.72
Ganancia monetaria	US \$ ha ⁻¹	\$928	\$6,757	\$3,132	0.3	2.16
Costo de producción	US \$ kg ⁻¹	\$0.19	\$0.22	\$0.24	0.79	0.91
Productividad física	kg m ³	0.91	3.18	2.02	0.45	1.58
Productividad física	L kg ⁻¹	1,100	314	495	2.22	0.63
Productividad agrícola del agua	US\$ hm ⁻³	\$ 84,341	\$ 614,244	\$ 284,726	0.3	2.16
R B/C		1.494	1.861	1.584	0.94	1.17
Tasa de ganancia	%	49.40%	86.10%	58.40%	0.85	1.47
Productividad social	Empleo hm ⁻³	28.1	22.7	19.6	1.44	1.16
Punto de equilibrio (PE)	ton ha ⁻¹	6.69	18.81	14.03	0.48	1.34
Rendimiento físico/PE	adimensional	1.49	1.86	1.58	0.94	1.17
Productividad social	Jornales ha ⁻¹	89	72	62	1.44	1.16
Trabajo por ha	h ha ⁻¹	712	576	496	1.44	1.16
Productividad horaria	h ton ⁻¹	71.2	16.46	22.33	3.19	0.74
Productividad por jornada	US\$ jornada ⁻¹	\$10.40	\$93.80	\$50.50	0.21	1.86
Ganancia horaria	US \$ hora ⁻¹	\$1.30	\$11.73	\$6.31	0.21	1.86

Fuente: Elaboración propia con base en cifras del SIAP (2013) y UNIFRUT (2013). Cifras mo-netarias en US\$ del día 14 de abril de 2015 a las 1256 horas, a razón de \$15.365 pesos mexicanos por dólar norteamericano.

El Cuadro 1 indica que el costo de producción por kilogramo de manzana en los huertos BT fue de US\$0.19 kg⁻¹, mientras en los huertos MT el costo fue US\$0.24 kg⁻¹, lo que indica que el costo de producción por kilogramo en los huertos de bajo nivel tecnológico

fue 79% menor que el obtenido en los huertos MT, por otro lado el costo por kilogramo de manzana en los huertos altamente tecnificados fue US\$0.22 kg⁻¹, lo que indica que el costo de producción por kilogramo de manzana en los huertos AT representó el 91% del costo de producción obtenido en los huertos MT. En este sentido Ramírez-Legarreta *et al.*, (2006) determinaron que el costo de producción para huertos AT fue de MN\$1.47, en huertos MT fue MN\$1.86, y en huertos BT MN\$1.37, lo que equivale a US\$0.13, US\$0.18 y US\$0.26, de acuerdo con el tipo de cambio del 2006. Lo que indicaría que los costos de producción se han elevado en los huertos AT y MT, en este sentido Ramírez *et al.*, (2011), mencionan que el costo de producción promedio de manzana fue de MN\$3 (equivalente a US\$0.23), mismo que concuerda con el análisis realizado para la región de Cuauhtémoc, Chihuahua.

Asimismo, en el Cuadro, 1 se observa la ganancia que se obtuvo por hectómetro (hm³) de agua irrigado en el cultivo de manzano. De acuerdo con las cifras, en huertas de bajo nivel tecnológico (BT) se obtuvo una ganancia de US\$84,341 hm⁻³, mientras en huertos de mediano nivel tecnológico (MT) la inversión de ese mismo hectómetro de agua generó una ganancia de US\$284,726, lo que indica que los huertos BT produjeron el 30% de la ganancia que obtuvieron los huertos MT empleando la misma cantidad de agua en el riego. Por otro lado los huertos AT produjeron US\$614, 244 por hectómetro de agua empleada en el riego del manzano. Estas cifras, en principio indican la gran cantidad de agua que se requiere para generar US\$1, ya que en los huertos BT se requieren en promedio 11.86m³, mientras en huertos MT se requieren 3.51m³ y en huertos AT se necesitan 1.63m³ para generar ese dólar de ganancia. Estas diferencias se deben en principio a los diferentes niveles tecnológicos que caracterizan a cada uno de los estratos, sin embargo de acuerdo con Aldaya *et al.*, (2010) también se debe a las diferentes condiciones climáticas, así como a la eficiencia en la aplicación del riego, al tipo de agricultura (riego o seco), así como a los precios que tenga el producto.

Visto desde otro ángulo los huertos de BT generaron una ganancia de US\$0.08 m⁻³, mientras que los huertos MT produjeron US\$0.28m⁻³, mientras en los huertos AT se generaron US\$0.61 m⁻³, lo que indica que los huertos altamente tecnificados resultaron más eficientes al generar más ganancia por metro cúbico empleado. A pesar de la importancia que tiene la productividad agrícola del agua en términos económicos (US\$ m⁻³), la información es escasa y en algunos cultivos y regiones es nula. Sin embargo, existen algunos trabajos realizados en el mediterráneo en algunos frutales y hortalizas; Salvador *et al.*, (2011) en durazno determinaron índices de €0.74 m⁻³, Perez-Perez *et al.*, (2010) determinaron indicadores que oscilaron de €1.03 m⁻³ - €1.51 m⁻³ en el cultivo de naranja y de €0.63 m⁻³ - €0.85 m⁻³ en mandarina, dependiendo de la lámina

de riego que fue aplicada. Hueso & Cuevas (2010), reportaron un indicador igual a € 6.6 m⁻³ en el cultivo de níspero. Mientras Pacheco *et al.*, (2011) determinaron índices que oscilaron entre €2.73 m⁻³ - €7.51 m⁻³ para el cultivo de pera. Es importante mencionar que los indicadores determinados en manzano fueron bajos en relación a otros frutales, por lo que deben aplicarse mejoras tecnológicas que hagan más eficiente el empleo del agua, en términos económicos, sin embargo es importante mencionar que en otros cultivos tales como los forrajes o los cereales los indicadores son aún más bajos, lo que indica que aún se requieren establecer medidas orientadas a disminuir la presión que se ejerce sobre los recursos hídricos. En este sentido Ríos *et al.*, (2015) determinaron un indicador promedio igual a US\$0.04 m⁻³ para cultivos forrajeros del Distrito de Riego 017, Comarca Lagunera. Estos indicadores muestran las ventajas comparativas que tiene el empleo del agua en diferentes regiones y países productores de frutos. Y es que, de acuerdo con García (2007), el recurso agua limita la superficie regable, particularmente de los frutales, por lo que debe existir un criterio económico para elegir las opciones de cultivo más beneficiosas. En este sentido las variables que analizan el beneficio económico generado por unidad de agua deben ser una herramienta que ayude a definir al productor que cultivo sembrar o plantar, donde el objetivo sea obtener más ingresos empleando la menor cantidad de agua.

Productividad social del agua de riego en manzano producido en Cuauhtémoc, Chihuahua

En cuanto a la eficiencia social del agua, medido como la cantidad de empleos generados por hectómetro de agua, el indicador fue 28.1 empleos hm⁻³ en huertos BT, 19.6 empleos hm⁻³ en huertos MT y 22.7 empleos hm⁻³ en huertos AT, lo que indica que en huertos BT se generó más empleo por hectómetro de agua empleado. Este indicador es alto en relación a otros cultivos como los forrajeros o los cereales, que requieren menor mano de obra durante el proceso de producción. En este sentido, García *et al.*, (2013) determinaron un índice que oscilo entre 24 - 62 empleos hm⁻³ en la producción de hortalizas y frutales, mientras que la producción de cultivos en invernadero generan hasta 190 empleos hm⁻³, asimismo Ríos *et al.*, (2015) determinaron un promedio para cultivos forrajeros en la Comarca Lagunera de 0.048 empleos hm⁻³, con el que se muestra la importancia social que tiene la producción de manzano para la región de Cuauhtémoc, Chihuahua.

Desde otra perspectiva, el cultivo de manzana genera 89 jornales ha⁻¹ en huertos BT, 62 jornales ha⁻¹ en huertos MT, y 72 jornales ha⁻¹ en huertos AT, lo que indica que el número de jornales por hectárea está directamente relacionado al grado de tecnificación. De acuerdo con los datos en huertos BT se realizan actividades que no se

practican (rastreo, bordeo, colocación y retiro de malla antigranizo y pago de jornales por riego) en los huertos MT y AT, lo que promueve el empleo de más jornales. Por otro lado el número de jornales fue más elevado en los huertos AT en relación a los MT, estas diferencias se deben a que en huertos AT se emplean más jornales en las actividades de fumigación y protección contra heladas. Esto implicó que mientras en los huertos BT se requirieran de un total de 712 h ha⁻¹, en los huertos MT se emplearan 496 h ha⁻¹, lo que indica que los huertos BT emplearon 1.44 veces más horas de trabajo que los huertos MT, por otro lado los huertos AT ocuparon un total de 576 h ha⁻¹, es decir; emplearon 16% más horas de trabajo que los huertos MT. En este sentido Badiu *et al.*, (2015) determinaron que en plantaciones de manzano en Rumania, se emplearon un total de 810 h ha⁻¹ en sistemas extensivos, 916 h ha⁻¹ en sistemas intensivos y 1,002 h ha⁻¹ en sistemas altamente-intensivos. Mientras que para la región de Missouri se determinó un índice de 271 h ha⁻¹, de acuerdo con Julian & Seavert(2011).

La productividad del trabajo en este estudio se consideró como el grado de eficiencia que se tiene para producir en determinado tiempo de trabajo una mayor cantidad de producto (González, 2005). En este sentido se determinó que en la producción de manzana en Cuauhtémoc, Chihuahua, particularmente en huertos de bajo nivel tecnológico se emplearon 71.20 h ton⁻¹ en huertos MT se utilizaron 22.33 h ton⁻¹, mientras en los AT se requirieron 16.46 h ton⁻¹, lo que indica cuan productiva es la hora de trabajo en cada una de los diferentes niveles de tecnificación. En este sentido Badiu *et al.*, (2015) determinaron una inversión de 46.67 h ton⁻¹ en sistemas extensivos, 32.17 h ton⁻¹ en sistemas intensivos y 18.22 h ton⁻¹ en sistemas altamente intensivos. Lo que indicaría que los huertos de manzano altamente tecnificados tienen una productividad horaria más elevada que los huertos analizados en Rumania, lo que le da una ventaja comparativa a la producción de manzano en Cuauhtémoc, Chihuahua.

De acuerdo con (Dorward, 2013), existen otras dos formas de expresar la productividad laboral, para indicadores estructurales, pudiendo ser medida por el valor bruto de la producción generado en relación con el número de personas empleadas y/o por el número de horas trabajadas. En este sentido, se determinó que en promedio los trabajadores adscritos a la producción de manzano en los huertos BT generaron una ganancia de US\$10.4 jornada⁻¹, mientras los trabajadores de los huertos MT produjeron US\$50.5 jornada⁻¹, mientras en los huertos AT cada trabajador generó una ganancia de US\$93.8 jornada⁻¹. Lo que indica que el trabajador de los huertos BT produjo 21% de la ganancia que produjo el trabajador de los huertos MT, y que los trabajadores adscritos a la producción de manzana en huertos AT generaron 86% más riqueza que los

trabajadores de huertos MT. Y es que en el mismo Cuadro, 1 se observa que el trabajador de los huertos AT produjo una ganancia por hora de trabajo de US\$11.73 h⁻¹, mientras el trabajador de los huertos MT generó US\$6.31 h⁻¹, el trabajador de los huertos BT produjo solamente US\$1.30 h⁻¹, lo que indica la alta productividad que tienen los huertos altamente tecnificados sobre los huertos de bajo y medio nivel tecnológico.

Por otro lado, bajo las mismas condiciones de cultivo, así como de mercado la cantidad mínima que se requiere producir de manzano en promedio para tener una operación viable (punto de equilibrio) fue de 18.81 ton ha⁻¹ en huertos AT, en huertos BT se obtuvo un indicador de 6.69 ton ha⁻¹, mientras en huertos MT se obtuvo un punto de equilibrio de 14.03 ton ha⁻¹, por lo que tomando en cuenta los rendimientos obtenidos, se observa que los tres sistemas (altamente tecnificado, medianamente tecnificado y baja tecnología), cubren el punto de equilibrio, lo que indica que los tres sistemas productivos son rentables. Finalmente se analizó la vulnerabilidad crediticia que tiene cada uno de los huertos analizados de acuerdo con sus niveles tecnológicos, entendida como la capacidad que tendría un productor para solventar en determinando momento el pago de un crédito para la producción primaria. Se encontró que los huertos AT tuvieron un indicador igual a 1.86, lo cual garantiza la devolución de todo crédito, mientras que los huertos MT tuvieron un indicador de 1.58, mientras que los huertos BT tuvieron un índice igual a 1.49, ahora bien, aunque los tres niveles tecnológicos garantizarían la devolución de determinado crédito, el rendimiento generado por la implementación de ese crédito serían diferentes, de allí que la R B/C en cada uno de los casos estuviera marcada por estas diferencias (Cuadro, 1).

Conclusiones

Se concluye que la productividad del agua en la producción de manzano en Cuauhtémoc, Chihuahua estuvo relacionada al nivel de tecnificación de los huertos así como con la rentabilidad de los sistemas de producción. Por lo que se sugiere implementar estrategias que pudieran elevar la productividad del agua en la región dentro de las cuales se encuentran; i) incrementar los rendimientos de los cultivos por unidad de agua; ii) implementar nuevos sistemas de riego que mejoren la aplicación del agua y reducir todas las pérdidas (i.e drenaje, filtrado y percolación) incluyendo las pérdidas por evaporación; iii) incrementar la eficiencia del riego del agua de lluvia y de los acuíferos, tomando en cuenta que la producción de manzana en la región es considerada como estratégica por el valor que aporta a la región y la importancia social que tiene el cultivo.

Referencias

- Akdemir, S., Akcaoz, H., & Kizilay, H. An analysis of energy use and input costs for apple production in Turkey. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2012, vol. 10, no 2, p. 473-479.
- Aldaya, M. M., Martínez-Santos, P., & Llamas, M. R. Incorporating the water footprint and virtual water into policy: Reflections from the Mancha Occidental Region, Spain. *Water Resources Management*, 2010, vol. 24, no. 5, p. 941-958.
- Badiu, D., Arion, F. H., Muresan, I. C., Lile, R., & Mitre, V. Evaluation of Economic Efficiency of Apple Orchard Investments. *Sustainability*, 2015, vol. 7, no. 8, p. 10521-10533.
- Boutraa, T. Growth performance and biomass partitioning of the desert shrub *Calotropis procera* under water stress conditions. *Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 2010, vol. 6, no. 1, p. 20-26.
- Bradbear, C., & Friel, S., (2011). Food systems and environmental sustainability: A review of the Australian evidence. NCEPH Working Paper. Canberra: Australian National University. 56p.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2015). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. Año Agrícola 2013-2014. 82p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2015). Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del Acuífero Cuauhtémoc, Clave 0805, en el Estado de Chihuahua.
- Díaz, C. RE., Bravo, P. LC., Alatorre C. LC., & Sánchez, F. E. Análisis geoespacial de la interacción entre el uso de suelo y de agua en el área peri-urbana de Cuauhtémoc, Chihuahua. Un estudio socioambiental en el norte de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín*, 2014, vol. 83, p. 116-130.
- Dorward, A. Agricultural labour productivity, food prices and sustainable development impacts and indicators. *FoodPolicy*, 2013, vol. 39, no. 1, p. 40-50.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República mexicana. Quinta edición. México: UNAM. 246p.
- García, G. G. (2007). Evaluación económica y eficiencia del agua de riego en frutales de regadío. *Serie Técnica y de Estudios No 31*. Consejería de Agricultura y Agua. Región de Murcia, España. 116p.
- García, J. G., López, F. C., Usai, D., & Visani, C. Economic Assessment and Socio-Economic Evaluation of Water Use Efficiency in Artichoke Cultivation. *Open Journal of Accounting*, 2013, vol. 2, no. 2, p. 45-52.
- García, P. AK., Ojeda, R. LA., Perez, G. G., Servín, C. Y., & Alatorre, C. LC., (2013). Evaluación de las extracciones de agua subterránea por métodos indirectos en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua, México: aplicando la teledetección y SIG. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 2013, vol. 9, no. 1, p. 141-149.
- González, M. J. Salarios, precios y productividad, una aproximación al valor de la fuerza de trabajo en México. *Análisis Económico*, 2005, vol. 44, no. 20, p.63-91.
- Hueso, J. J., & Cuevas, J. Ten consecutive years of regulated deficit irrigation probe the sustainability and profitability of this water saving strategy in loquat. *Agricultural water management*, 2010, vol. 97, no. 5, p. 645-650.
- Hussain, I., Turrall, H., & Molden, D. Measuring and enhancing the value of agricultural water in irrigated river basins. *Irrigation Science*, 2007, vol. 25, no. 3, p. 263-282.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. 127p.

- Julian, J. W., Seavert, C. F., (2011). AgProfit™: a net present value and cash flow based decision aid for agriculture producers. *Agricultural Finance Review*, 2011, vol. 71, no. 3, p. 366 – 378.
- Kijne, J. W., Barker, R., & Molden, D. (Eds.) (2003). *Water productivity in agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, CABI Publication, Wallingford UK. 332p.
- Pacheco, A., Azevedo, J., & Oliveira, C. Water Potential and Fruit Growth as Management Indicators in Trickle-Irrigation in Rocha'Pear. *Acta Horticulturae*, XI International Pear Symposium, 2011, no. 1, p. 331-337.
- Parra, Q. RA., Orozco, A. JA., González, P. M., Álvarez, A. JP., & Ortiz, F. P. Rendimiento y tamaño del fruto del manzano sometido a estrés hídrico planificado en Chihuahua, México. *Agricultura Técnica en México*, 2005, vol. 31, no. 1, p. 11-20.
- Peña, A. G., & Alatorre, L. C. Evaluación de las extracciones de agua subterránea por métodos indirectos en la región de Cuauhtémoc, Chihuahua, México: aplicando la teledetección y SIG. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 2013, vol. 9, no. 1, p. 141-149.
- Pérez-Pérez, J. G., García, J., Robles, J. M., & Botía, P. Economic analysis of navel orange cv. 'Lanelate' grown on two different drought-tolerant rootstocks under deficit irrigation in South-eastern Spain. *Agricultural Water Management*, 2010, vol. 97, no. 1, p. 157-164.
- Ramírez-Legarreta, M. R., Jacobo-Cuellar, J. L., Ávila-Marioni, M. R., & Parra-Quezada, R. A. Pérdidas de cosecha, eficiencia de producción y rentabilidad de huertos de manzano con diversos grados de tecnificación en Chihuahua, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 2006, vol. 29, no. 3, p. 215-222.
- Ramírez, L. MR., Ruiz, C. JA., Medina, G. G., Jacobo, C. JL., Parra, Q. RA., Ávila, M. MR., & Amado, A. JP. Perspectivas del sistema de producción de manzano en Chihuahua, ante el cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2011, no.2, p.233-237.
- Ríos, F. JL., Torres, M. M., Castro, F. R., Torres, M. MA., Ruiz, T. J. Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera, México. *Revista Facultad Ciencias Agronómicas UNCUYO*, 2015, vol. 47, no. 1, p. 93-107.
- Salvador, R., Martínez, C. A., Cavero, J., & Playán, E. Seasonal on farm irrigation performance in the Ebro Basin (Spain): Crops and Irrigation Systems. *Agricultural Water Management*, 2011, vol. 98, no. 4, p. 577-587.
- Sami, M., Shiekhdavoodi, M. J., & Asakereh, A. Energy use in apple production in the Esfahan province of Iran. *African Crop Science Journal*, 2011, vol. 19, no. 2, p. 125-130.
- Sauer, T., Havlik, P., Schneider, U. A., Schmid, E., Kindermann, G., & Obersteiner, M. Agriculture and resource availability in a changing world: The role of irrigation. *Water Resources Research*, 2010, vol. 46, no. 6, p. 1-12.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2014). *Anuarios estadísticos de la producción agropecuaria*. [En línea] <http://www.siap.gob.mx/> (12 septiembre del 2015).
- Zegbe, A. J., & Serna-Perez, A., Partial Rootzone Drying to Save Water While Growing Apples in a Semi-Arid Region. *Irrigation and Drainage*, 2012, vol. 61, no. 2, p. 251-259.
- Zhang, Q., Wei, Q. P., Wang, X. W., Shang, Z. H., Liu, J., Liu, S. Z., & Sun, Z. H. Effects of Shoot Numbers and Distribution in Canopy on Yields and Qualities of 'Fuji' Apple with Standard Rootstock [J]. *Acta Horticultura e Sinica*, 2010, vol. 37, no. 8, p. 1205-1212.