

# Evaluación productiva, económica y social del agua de riego de durazno (*Prunus persica* L. Batsch) en Zacatecas (México)

Productive, economic and social evaluation of irrigation water in peach (*Prunus persica* L. Batsch) in Zacatecas (Mexico)

**José Luis Ríos-Flores,<sup>1\*</sup> Miriam Torres-Moreno,<sup>2</sup> José Ruiz-Torres,<sup>1</sup> Marco Antonio Torres-Moreno<sup>3</sup> y Jesús Enrique Cantú-Brito<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Chapingo  
Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas  
Carretera Gómez Palacio-Ciudad Juárez Km 38.5  
Bermejillo, Durango, México (C. P. 35230).

<sup>2</sup> SAGARPA (Delegación-Región Lagunera)  
Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural  
Cd. Lerdo, Durango, México (C. P. 35000).

<sup>3</sup> Innovación Ambiental para la Conservación y  
Desarrollo Sustentable, A.C.  
Diego Rivera No.1 Int. 203 Unidad ISSSTE  
Texcoco, Edo. de México, México.

<sup>4</sup> Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.-Unidad Laguna  
Periférico Raúl López Sánchez S/N, Colonia Valle Verde  
Torreón, Coahuila, México (C. P. 27059).

\* Correspondencia: j.rf2005@hotmail.com

## Resumen

La escasez de agua limita la agricultura, por lo que su uso debe ser más eficiente en la producción de alimentos. El objetivo de este trabajo fue determinar la productividad económica, física y social del agua del cultivo de durazno (*Prunus persica* L. Batsch), en la región del Distrito de Desarrollo Rural 183 —correspondiente a Fresnillo, Zacatecas— para el ciclo 2012; se desarrollaron modelos matemáticos para estimar la productividad y eficiencia del agua. En Zacatecas se cosecharon 817 ha de durazno; mismas que produjeron 3,954.1 t; con un valor de \$32.79 millones de pesos, utilizando un

## Abstract

Water scarcity is a limiting factor for agriculture therefore the use of water in food production should be more efficient. The aim of this study was to determine the economic, physical and social productivity of the water used on the peach crop (*Prunus persica* l. Batsch) on the 2012 cycle, in the region of the Rural Development District 183 corresponding to Fresnillo, Zacatecas. Mathematical models were developed to estimate the productivity and efficiency of water. In Zacatecas, 817 ha of peach, which yielded 3954.1 t were harvested, with a value of \$32.79 million (Mexican pesos), using a total of 8.17

total de 8.17 Mm<sup>3</sup> en todo el estado; mientras que en el DDR183-Fresnillo (compuesto por los municipios Fresnillo y Valparaíso) se emplearon 3.39 Mm<sup>3</sup>. La determinación de la huella hídrica azul mostró que, por cada kg de durazno se emplearon 2,066 L en Zacatecas, 2,000 L en Fresnillo, y 1,851 L en Valparaíso. En cuanto al ingreso por metro cúbico, se determinó que en Zacatecas se obtuvo un ingreso de \$4.01 m<sup>-3</sup>, \$4.38 m<sup>-3</sup> en Fresnillo y \$4.83 m<sup>-3</sup> en Valparaíso. Mientras, la productividad laboral en Zacatecas fue 97.53 h t<sup>-1</sup>, en Fresnillo 94.40 h t<sup>-1</sup>, y en Valparaíso 87.35 h t<sup>-1</sup>. El trabajador adscrito a la producción de durazno en Zacatecas generó \$97.53 h<sup>-1</sup>, en Fresnillo \$94.40 h<sup>-1</sup>, y \$87.35 h<sup>-1</sup> en Valparaíso. La producción de durazno en Valparaíso resultó altamente eficiente y productiva, lo que se tradujo en una menor huella hídrica; ello promueve la sustentabilidad del recurso agua en esa región.

### Palabras clave

Indicadores eco-sustentables, productividad, eficiencia, huella hídrica.

Mm<sup>3</sup> statewide, while in the DDR183-Fresnillo (comprising municipalities Fresnillo and Valparaíso) 3.39 Mm<sup>3</sup> were used. The blue water footprint calculations showed that for every kg of peaches 2,066 L were needed in Zacatecas, 2,000 L in Fresnillo and 1,851 L in Valparaíso. On the other hand in terms of income per cubic meter the revenue in Zacatecas was \$ 4.01 m<sup>-3</sup>, \$4.38 m<sup>-3</sup> in Fresnillo and \$4.83 m<sup>-3</sup> in Valparaíso. Hourly productivity in Zacatecas was 97.53 h t<sup>-1</sup>, in Fresnillo 94.40 h t<sup>-1</sup>, and 87.35 h t<sup>-1</sup> in Valparaíso. The income per worker was \$97.53 h<sup>-1</sup> in Zacatecas, \$94.40 h<sup>-1</sup> in Fresnillo, and \$ 87.35 h<sup>-1</sup> in Valparaíso. In conclusion, the peach production in Valparaíso was highly efficient and productive which resulted in a lower water footprint, promoting the sustainability of water resources in the region.

### Keywords

Eco-sustainable indicators, productivity, efficiency, water footprint.

## Introducción

La escasez de agua es uno de los factores limitantes para la agricultura (Araus, 2004). A medida que la competencia por el agua se intensifica, la producción de alimentos debe ser utilizada más eficientemente (Pasquale *et al.*, 2007). El concepto de productividad del agua fue establecido por Kijne *et al.* (2003) como medida para determinar la capacidad de los sistemas de convertir el agua en alimento. En la agricultura, la eficiencia se logra cuando se obtienen mayores rendimientos económicos al emplear menos agua, especialmente en aquellas áreas donde ésta escasea (Boutraa, 2010).

Nuestro país enfrenta un incremento poblacional constante, por lo que la disponibilidad de este vital líquido, por habitante, cada vez es menor. El 85% del agua subterránea se emplea en actividades agrícolas. Se calcula que el 57% de este recurso se pierde debido a infraestructura hidráulica y a los métodos de riego ineficientes. Se calcula que el 23% de los acuíferos de las zonas áridas y semiáridas del país se encuentran sobreexplotados (CNA, 2008).

Esta situación requiere estrategias para lograr la eficiencia en el uso del agua, lo que, eventualmente, nos conducirá a la conservación del recurso ("oro azul"). En estas condiciones, el desarrollo del cultivo de los frutales está totalmente condicionado a la disponibilidad de agua de riego (Zegbe y Serna, 2009); por lo que la producción de frutales debe enfocarse, justamente, en su productividad (Passioura, 2006).

De acuerdo con Bravo y Zegbe (2009), debido a esta problemática, cada vez son más las demandas de información específica para hacer frente a los siguientes objetivos: 1) Determinar los requerimientos de riego para los cultivos, bajo diversas condiciones climáticas; 2) Promover bases para lograr el máximo rendimiento  $\text{ha}^{-1}$  y rendimiento  $\text{m}^3$ .

En este sentido, el presente trabajo busca evaluar los indicadores de eficiencia y productividad del agua como indicadores de la “huella hídrica azul” en durazno criollo del DDR 183-Fresnillo Zacatecas.

## Materiales y métodos

### *Localización del área de estudio*

Se seleccionó el Distrito de Desarrollo Rural DDR183, donde predomina el clima templado regular semiseco, en un 91.72% en su territorio; y templado sub-húmedo con lluvias en verano, y de menor humedad, en el 8.28% del terreno.

El DDR-183 se ubica a una altura de 2,190 msnm (Domínguez, 2010); así, queda demostrado que es una zona con potencial medio-alto para la producción de este cultivo (Medina *et al.*, 2003).

La precipitación media anual varía, de 300 a 400 mm, y una temperatura media de  $9.50^{\circ}\text{C}$  del mes más frío y  $24.50^{\circ}\text{C}$  del mes cálido. El DDR 183-Fresnillo ocupa el 14% de la superficie establecida de durazno a nivel estatal.

Se utilizó la base de datos de la SIAP-SAGARPA (SIAP, 2012). Los datos son del ciclo agrícola 2012, relativos a: producción, rendimiento, superficie sembrada y cosechada del cultivo de durazno en riego.

Para este estudio se define como agricultura de riego toda aquella tierra que tiene acceso a fuentes de agua (normalmente subterránea) adicionales a la precipitación; a la cual Chapagain y Hoekstra, (2004), denominan “agua azul”.

Para fundamentar los costos de producción del cultivo, se emplearon los datos de FIRA (2012). Con base en estos valores, se calculó la rentabilidad del cultivo para el área de influencia del DDR183- Fresnillo, Zacatecas, compuesto por los municipios de Fresnillo y Valparaíso.

Las láminas de riego empleadas fueron las indicadas por el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP, Campo Experimental Zacatecas con una lámina bruta de 100cm, y una eficiencia en la conducción del 65% (Zegbe *et al.*, 2005).

### *Indicadores de productividad y eficiencia del agua*

Para este trabajo se desarrollaron modelos matemáticos para estimar la productividad del agua de riego en términos: físicos ( $Y_1$  y  $Y_2$ ), económicos ( $Y_3$ - $Y_7$ ,  $Y_{12}$ - $Y_{13}$ ) y sociales ( $Y_8$ - $Y_{11}$ ).

La variable  $Y_1$ , muestra la relación entre el volumen ( $V$ ) de agua que representa la demanda hídrica del cultivo en una hectárea (en  $\text{m}^3$ ) y el rendimiento físico “RF” por hectárea del cultivo (en kg). Donde “ $V$ ” es el producto de  $10,000 \text{ m}^2$  por la lámina de

riego “LR” (en m) dividida entre el coeficiente de eficiencia de conducción “EC” (en porcentaje, en base 1). Se expresa en metros cúbicos de agua empleados en el riego por kilogramo de durazno.

$$Y_1 = \frac{V}{RF} = \frac{10.000 \left( \frac{LR}{EC} \right)}{RF} = 10^4 (LR)(EC)(RF)^{-1}$$

Ecuación 1

La variable  $Y_2$  aunque es la inversa de la variable  $Y_1$ , tiene connotación diferente, pues expresa la cantidad de kilogramos producidos de durazno por metro cúbico de agua irrigada.

$$Y_2 = \frac{RF}{10.000 \left( \frac{LR}{EC} \right)} = (10^{-4}) RF(LR/EC)^{-1}$$

Ecuación 2

La variable  $Y_3$  muestra la relación entre la cantidad de agua empleada en el riego (V) y el ingreso monetario “RM” (en US\$ ha<sup>-1</sup>) que se generó al emplear ese volumen de agua. Donde el numerador de esta ecuación es el mismo numerador de  $Y_1$ , y el denominador, RM es igual al producto de RF por el precio “p” (en \$ kg<sup>-1</sup>). Se expresa en metros cúbicos por dólar \$ de ingreso bruto producido, o en litros por \$ de ingreso bruto por el cultivo.

$$Y_3 = \frac{V}{RM} = \frac{10.000 \frac{LR}{EC}}{RF(p)} = 10^4 \left( \frac{LR}{EC} \right) (RF^{-1})(p^{-1})$$

Ecuación 3

La variable  $Y_4$ , aunque es la inversa de la variable  $Y_3$  tiene un sentido diferente; ya que expresa la cantidad de ingreso monetario producido por cultivo (en \$ m<sup>3</sup>) que fue generado por metro cúbico de agua irrigada.

$$Y_4 = \frac{RM}{V} = \frac{RF(p)}{10.000 \frac{LR}{EC}} = (10^{-4}) RF(p) \left( \frac{LR}{EC} \right)^{-1}$$

Ecuación 4

En la variable  $Y_5$ , se representa la relación entre la utilidad monetaria o ganancia “U” y el volumen “V” de agua empleado. El numerador es la utilidad Bruta “U”, generada por el cultivo; la cual es igual a la diferencia entre el ingreso monetario por hectárea “RM” y el costo por hectárea “C”. El denominador de esta ecuación es el mismo numerador que se señala en la ecuación  $Y_1$ . Esta variable es expresada en \$ generado de ganancia por metro cúbico de agua irrigada.

$$Y_5 = \frac{U}{V} = \frac{RM - C}{10.000 \frac{LR}{EC}} = \frac{RF(p) - C}{10.000 \frac{LR}{EC}}$$

Ecuación 5

La variable  $Y_6$  es la inversa de la variable  $Y_5$ ; tiene un significado diferente, pues se expresa en metros cúbicos o litros de agua irrigada por dólar \$1 de utilidad.

$$Y_6 = \frac{10,000 \left( \frac{LR}{EC} \right)}{U} = 10,000 \left( \frac{LR}{EC} \right) (RF(p) - C)^{-1}$$

Ecuación 6

La variable  $Y_7$  es la división de  $Y_6$ , entre el costo que tiene el metro cúbico de agua ( $C \text{ m}^{-3}$ ) para el productor. Expresada como un índice positivo mayor, menor o igual a la unidad, es adimensional. Donde mayor a 1 indica que la utilidad generada por  $\text{m}^3$ , es superior a lo que el productor pagó por cada metro cúbico de agua, y menor a 1 señala que la utilidad generada es inferior a ese costo del agua.

$$Y_7 = \frac{Y_6}{C \text{ m}^{-3}}$$

Ecuación 7

Como indicador de la importancia social del agua, se generó la variable  $Y_8$ , que mide el número de empleos agrícolas generados por hectómetro cúbico (un millón de metros cúbicos) de agua empleada en el riego. Esta eficiencia social, es propuesta por algunos autores como la relación que existe entre el empleo y el agua consumida, utilizados en la evaluación de la eficiencia del agua (Hussain *et al.*, 2007). Donde el numerador es el empleo generado por cultivo y el denominador es el volumen de agua irrigado en hectómetros cúbicos.

$$Y_8 = \frac{J/288}{(10,000) \left( \frac{LR}{EC} \right) / 1000,000} = \frac{25 (J) EC}{72 LR}$$

Ecuación 8

La variable  $Y_9$ , determinó la productividad por hora de trabajo, medida como la cantidad de horas que se requieren para producir una tonelada de producto. Donde el numerador es la cantidad de horas de trabajo invertidas en toda la superficie establecida con durazno; misma que se obtiene multiplicando el total de jornales del cultivo (J) por 8, para así convertir los jornales en horas de trabajo. Mientras el denominador es el rendimiento físico por hectárea de durazno en esa región.

$$Y_9 = \frac{8 J}{RF}$$

Ecuación 9

La variable  $Y_{10}$ , expresa la ganancia obtenida por trabajador, donde el numerador es la utilidad "U" generada por cultivo descrita en  $Y_5$ , y el denominador, que proviene de dividir el número de jornales "J" por hectárea entre 288; el cual representa el número de empleos permanentes generados por el cultivo en una hectárea. El número 288, proviene de considerar que, socialmente, una persona trabaja seis jornadas por semana durante 48 semanas al año, es decir, 288 jornadas año<sup>-1</sup>.

$$Y_{10} = \frac{U}{\left(\frac{J}{288}\right)} = 288 \frac{u_i}{J_i}$$

Ecuación 10

La variable  $Y_{10}$  indica la ganancia por hora de trabajo, donde el numerador es la utilidad o ganancia por hectárea “U” señalada en la variable  $Y_5$ ; y el denominador es la cantidad de horas de trabajo invertidas por hectárea, proveniente de multiplicar al número de jornales “J” por hectárea por 8 (el número de consideradas por jornada). Se expresa en dólares US\$ de ganancia generados por hora de trabajo.

$$Y_{11} = \frac{U}{8J}$$

Ecuación 11

La variable  $Y_{12}$ , determinó el punto de equilibrio “PE”, igual a la división del costo por hectárea (C) entre el precio por tonelada (p) señalado en ecuaciones 3 y 5. Lo anterior tiene su sustento en considerar que el PE es el punto donde el ingreso monetario por hectárea “ $RM = Rf(p)$ ” es igual al costo por hectárea (C), por lo que al igualar  $RF(p)$  con C y despejar RF, queda tal cual se señala abajo la  $Y_{12}$ . Se expresa en toneladas por hectárea.

$$Y_{12} = PE = \frac{C}{p}$$

Ecuación 12

La variable  $Y_{13}$  es adimensional, ya que es una relación entre el rendimiento físico por hectárea (RF) del cultivo entre el punto de equilibrio (PE), dado por  $Y_{12}$ , de tal forma que si  $Y_{13}$  es mayor a la unidad, el productor puede cumplir un crédito productivo, pues geoméricamente se ubica en la zona de ganancia; y si  $Y_{13}$  es menor a la unidad, es vulnerable, ya que su producción no alcanza para cubrir los costos generados; por ello, es que  $Y_{13}$  mide cuán vulnerable es el productor a la obtención, o no, de un monto crediticio para llevar a cabo la producción.

$$Y_{13} = \frac{RF}{PE}$$

Ecuación 13

## Resultados

En el cuadro 1, se muestran los conceptos que generan el Costo total  $ha^{-1}$ , tanto en términos relativos como en términos absolutos, indicando la importancia relativa de cada concepto. Los resultados muestran que los conceptos asociados a las labores culturales del cultivo. De esa fuente se observa que en Fresnillo estos costos representaron el 59.11%, principalmente aquellos que se refieren a la siembra, fertilización, cosecha y empaque. El agua empleada para el riego de este cultivo es extremadamente importante, por ser el principal factor limitante en tanto determina la producción del cultivo. Sin embargo, el costo del agua represento solamente el 15.33% del costo total, denotando

que el costo es muy bajo ( $\$0.40 \text{ m}^{-3}$ ), lo que se tiene que considerar es que la lámina de riego calculada para este DDR Fresnillo, Zacatecas fue de  $10\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (cuadro 1).

**Cuadro 1**  
**Costos  $\text{ha}^{-1}$  del cultivo de durazno criollo**  
**en el DDR-183 en Fresnillo, Zacatecas.**

Concepto	Costo absoluto (\$)	Costo relativo (%)
Preparación del suelo	\$2,550	9.88%
Siembra y fertilización	\$6,358	24.63%
Labores de cultivo	\$1,950	7.55%
Riego	\$3,956	15.33%
Fitosanidad	\$4,110	15.92%
Cosecha y empaque	\$4,400	17.05%
Gastos diversos	\$1,500	5.81%
Costo financiero	\$989	3.83%
Costo total por hectárea	\$25,813	100.00%
Precio del $\text{m}^3$ de agua	\$0.40	
Número de jornales	59	

Fuente: Elaboración propia, con base en cifras de FIRA (2012).

En el cuadro 2, se muestran los indicadores de eficiencia y productividad física, económica y social del agua de riego en el cultivo de durazno en Zacatecas.

La variable  $Y_1$ , analiza la cantidad de agua que se requiere para producir un kilogramo de producto; la cual muestra que en el municipio de Valparaíso se requirió un total de 2,000 litros para producir un kilogramo de durazno; mientras que en el municipio de Fresnillo el indicador fue  $1,851 \text{ L kg}^{-1}$ ; por otro lado, el promedio estatal indica que se requirieron un total de  $2,066 \text{ L kg}^{-1}$ .

Visto desde otro ángulo, la variable  $Y_2$ , indica que el municipio de Fresnillo produjo  $0.540 \text{ kg m}^{-3}$  (cuadro 2); mientras que en Fresnillo se emplearon  $2,000 \text{ L kg}^{-1}$ , y en Zacatecas el indicador fue de  $1,851 \text{ L kg}^{-1}$ .

De acuerdo con estas cifras, se revela que el cultivo de durazno de Valparaíso es más eficiente en términos de producción física, ya que emplea menos agua para producir un kilogramo de producto (cuadro 2).

La variable  $Y_3$ , muestra la cantidad de agua (en litros) necesarios para producir \$1 de ingreso, determinándose que en Fresnillo se requirió un total de 228 L para generar \$1 de ingreso bruto; mientras que en Valparaíso el indicador fue 207 L y en Zacatecas 249 L, lo cual muestra que se requieren grandes cantidades de agua para generar \$1 peso de ingreso bruto.

Visto de otra forma, el empleo de  $1 \text{ m}^3$  en la producción de durazno en Fresnillo generó \$4.38 de ingreso bruto ( $Y_4$ ); mientras que en Valparaíso esa misma cantidad de agua produjo \$4.83 de ingreso bruto, y en Zacatecas el ingreso bruto determinado fue \$4.01  $\text{m}^3$ .

Por otro lado, el índice de la variable  $Y_5$ , refleja el beneficio generado por metro cúbico de agua. Este índice mostró ser 157% más elevado en el municipio de Valparaíso, al generar \$2.25  $\text{m}^3$ , con respecto al ingreso generado por Zacatecas (\$1.43  $\text{m}^3$ ) y 125% más elevado al compararle con el ingreso obtenido en Fresnillo (\$1.80  $\text{m}^3$ ).

La variable ( $Y_6$ ), indica la cantidad de agua que se requiere para producir \$1 peso de utilidad; de allí se observa que en Fresnillo se requirieron un total de 555.2 L para generar un peso de utilidad; mientras que en Valparaíso se emplearon un total de 444.4 L y en Zacatecas 698.5 L para generar \$1 peso de utilidad; es decir: la región de Fresnillo empleó 21% menos agua que Zacatecas para producir ese mismo peso de utilidad.

La variable  $Y_7$ , muestra la relación que existe entre el ingreso generado y el precio del metro cúbico. Se determinó que en Fresnillo el indicador fue 11.08, lo cual muestra que por cada peso que el productor de durazno pagó por el agua de riego, se obtuvo un total de \$10.08 pesos de utilidad; mientras que en Valparaíso el indicador fue 12.21, y en Zacatecas 10.14. Visto de otra forma el productor de durazno de Valparaíso generó 120% más utilidad que Zacatecas y 121% más que Fresnillo; lo que indica que el municipio de Valparaíso generó más utilidad por metro cúbico empleado en el riego.

Adicionalmente, se analizó la productividad social del agua, vista como la cantidad de empleos generados por hectómetro cúbico. En este sentido, el duraznero en el estado de Zacatecas genera una gran cantidad de empleo; en todos los municipios analizados fue de 59 jornales  $\text{ha}^{-1}$  (cuadro 1). Así, se determinaron los indicadores de productividad social de 0.20 empleos  $\text{hm}^3$  en las tres regiones analizadas ( $Y_9$ ).

Se estableció que cada trabajador dedicado a la producción de durazno, en promedio, agregó al PIB de esa cadena productiva \$ 69,000 miles de pesos de ganancia por año; esto significa que el trabajador dedicado a producir durazno en Valparaíso fue el más productivo, al generar \$109,000 miles de pesos de ganancia.

La variable  $Y_9$  del cuadro 2, indica la productividad horaria; es decir: la cantidad de horas de trabajo que se invierten por tonelada de producto (durazno). De este análisis se observa que, en promedio, la productividad horaria del cultivo fue 97.53  $\text{h t}^{-1}$ ; lo que indica que para producir una tonelada de durazno, en promedio, se requiere invertir 97.53 horas de trabajo.

Asimismo, se concluyó que el cultivo que resultó más eficiente en términos de productividad horaria fue el de Valparaíso (87.35  $\text{h t}^{-1}$ ). En este sentido, se determinó que la ganancia por hora de trabajo invertida ( $Y_{11}$ ), para la producción de durazno, en promedio, fue de \$30.33  $\text{h}^{-1}$ ; lo que indica que el cultivo de durazno en Valparaíso fue más eficiente en comparación con el producido a nivel estatal y en Fresnillo, al generar \$47.67  $\text{h}^{-1}$ .

Por otro lado, se determinó que bajo las mismas condiciones de cultivo, así como de mercado, la cantidad mínima que se requiere producir para tener una operación viable (punto de equilibrio) fue de 2.945  $\text{t ha}^{-1}$  en Fresnillo, 2.887  $\text{t ha}^{-1}$  en Valparaíso y 3.113  $\text{t ha}^{-1}$  en Zacatecas ( $Y_{12}$ ).



Al considerar la producción en cada uno de los tres municipios, se observa que los tres se ubicaron por encima del punto de equilibrio, por lo que resultaron ser ampliamente productivos.

Finalmente, la variable  $Y_{13}$ , evalúa la vulnerabilidad crediticia del cultivo, desde la perspectiva de cuántas veces cubre el rendimiento físico por hectárea al punto de equilibrio. De esa forma, se encontró que, en el caso del durazno en Fresnillo, el rendimiento físico por hectárea ( $5.00 \text{ t ha}^{-1}$ ), alcanzó a cubrir 1.70 veces las  $2.945 \text{ t ha}^{-1}$  que tuvo como punto de equilibrio; lo cual señala que el cultivo tuvo una Relación Beneficio/Costo igual a 1.70.

Mientras que el mismo cultivo, a nivel estatal, obtuvo un índice de 1.55; ello señalaría que este cultivo es menos eficiente, económicamente hablando.

**Cuadro 2**  
**Indicadores de eficiencia y productividad**  
**del agua en durazno del DDR-183 en Fresnillo, Zacatecas.**

<i>Tipo de índice:</i>	<i>Variable</i>	<i>Fresnillo</i>	<i>Valparaíso</i>	<i>Zacatecas</i>
Eficiencia física	$Y_1 = \text{Litros de agua/kg}$	2,000	1,851	2,066
Productividad física	$Y_2 = \text{Kg/m}^3$	0.500	0.540	0.484
Eficiencia económica	$Y_3 = \text{Litros/ \$1 de ingreso bruto}$	228	207	249
Productividad económica	$Y_4 = \text{Ingreso bruto/ m}^3$	\$4.38	\$4.83	\$4.01
Productividad económica	$Y_5 = \text{Utilidad bruta / m}^3$	\$1.80	\$2.25	\$1.43
Eficiencia económica	$Y_6 = \text{Litros de agua / \$1 de utilidad}$	555.2	444.4	698.5
Indicador económico	$Y_7 = \text{Utilidad bruta por m}^3 / \text{Precio del m}^3 \text{ al productor}$	11.08	12.21	10.14
Indicador económico-social	$Y_8 = \text{Empleos generados / hectómetro}$	0.20	0.20	0.20
Indicador económico-social	$Y_9 = \text{Horas invertidas/ t}$	94.40	87.35	97.53
Indicador económico-social	$Y_{10} = \text{Ganancia (\$) / trabajador}$	\$87.92	\$109.84	\$69.89
Indicador económico-social	$Y_{11} = \text{Ganancia (\$) / hora de trabajo}$	38.16	47.67	30.33
Indicador económico-social	$Y_{12} = \text{Punto de equilibrio}$	2.945	2.887	3.113
Indicador económico-social	$Y_{13} = \text{Vulnerabilidad crediticia}$	1.70	1.87	1.55

Fuente: Elaboración propia, con base en cifras del SIAP (2012) y FIRA (2012).

## Discusión

Los resultados relativos a los costos que representan los rubros de siembra, cosecha, empaque y fertilización en el cultivo del durazno concuerdan con los reportados por Marini y Sowers (2000), y los de García y García (2008).

Por otra lado, los costos por metro cúbico observado en esta área fueron muy bajos (\$0.40 m<sup>-3</sup>), comparados con otras áreas productoras de durazno (en Murcia, España), donde el costo es de € 0.21 m<sup>-3</sup> (lo que equivale a \$ 3.94 m<sup>-3</sup>) (Salvador *et al.*, 2011).

El costo del agua es un índice particularmente importante, sobre todo en regiones áridas y semiáridas, donde la superficie de cultivos tiende a expandirse. Este índice, por lo tanto, indica las estrategias de riego a seguir y los cultivos que serían competitivos bajo determinadas circunstancias. Estos valores evidencian que el precio del agua en las regiones del norte de México es muy bajo comparado con otras regiones agrícolas del mundo; lo que contribuye con un uso ineficiente del recurso, además de que estos precios no evidencian el valor real del agua.

Algunos agricultores estadounidenses pagan entre US\$ 0,01 a US\$ 0,05 m<sup>-3</sup> (lo que equivale a \$0.16 a \$0.81 pesos) empleado en el riego; mientras que la población, en general, paga US\$ 0,30 a US\$ 0,80 m<sup>-3</sup> (lo que equivale a \$4.91 a \$13.10 pesos) por el agua tratada de uso doméstico (Gleick, 2003).

Los agricultores de Israel, para la producción de tomate, pagan \$9.33 m<sup>-3</sup> (US\$ 0,57 m<sup>-3</sup>); mientras que, para la producción de maíz grano pagan US\$ 0,13 y US\$ 0,12 (es decir: \$1.96 y \$2.12 pesos) para la producción de trigo (Pimentel *et al.*, 2014); asimismo, en el Ebro (España), la cantidad media de agua empleada en el riego de plantaciones de durazno es de 5,865 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; mientras que, en este estudio, empleando las láminas de riego recomendadas se calcula que en el DDR-183 en Fresnillo, Zacatecas, se utilizaron 10,000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; es decir: 4,135 m<sup>3</sup> por arriba de la empleada en España.

El análisis de indicadores de eficiencia y productividad económica son importantes; aunque el estudio de algunos de estos índices se realiza de forma amplia en países como España (García *et al.*, 2004; Romero *et al.*, 2006), en México existe poca información al respecto.

Los indicadores de productividad física (kg m<sup>-3</sup> y L kg<sup>-1</sup>) indicaron que Valparaíso resultó más eficiente en el empleo del agua de riego; sin embargo, este indicador no resulta tan favorable cuando se le compara con los determinados por Goldhamer *et al.* (2002); en California, con un índice de 4.14 kg m<sup>-3</sup>; mientras que Dichio *et al.* (2007) en Italia, reportaron un índice de 4.69 kg m<sup>-3</sup>; asimismo Salvador *et al.* (2011), encontraron un índice igual a 4.1 kg m<sup>-3</sup> para la región del Ebro, en España.

Estos indicadores muestran una ventaja comparativa del uso del agua en otras regiones productoras de durazno en el mundo, en comparación con la generada en el estado de Zacatecas. Y es que, de acuerdo con García (2007), es recomendable —ante una visión global de los sistemas productivos de frutales en regadío— el uso de instrumentos de análisis económico financiero y análisis de costos, para evaluar la importancia relativa de determinadas variables ligadas a la producción; y su repercusión sobre índices económicos que pueden servir como referencias para establecer criterios de viabilidad económica y ambiental.

En el análisis económico es evidente la necesidad de utilizar una óptica de eficacia económica global; es decir, no sólo eficacia técnica o productiva sino, también y, sobre todo, ante la escasez del recurso agua, la eficacia asignativa, y también de escala o tamaño empresarial.

De este modo, por ejemplo, deben cambiarse las unidades de referencia a producción física y económica por metro cúbico de agua aportada en lugar de referir el análisis a producción por unidad de superficie; en este sentido, existen algunos trabajos, sobre déficit hídrico bajo condiciones controladas (Heargreaves *et al.*, 1984; García *et al.*, 2004).

Ya que el recurso limita la superficie regable, en óptimas condiciones productivas debe existir un criterio económico para la elección de las opciones de cultivo más beneficiosas; es decir, una optimización económica por cultivos y localizaciones. Así pues, el diferencial de eficiencia económica con relación al agua orienta al productor hacia la horto-fruticultura, ya que la opción del regante debe ser la maximización del beneficio por unidad de agua.

Por otro lado, el índice de beneficio generado por metro cúbico de agua ( $\$ m^{-3}$ ), es bajo con relación al obtenido en otras regiones agrícolas del mundo. En este sentido, algunos trabajos mencionan que la utilidad bruta —en algunas zonas productoras de durazno de España— fueron de  $\text{€ } 0.74 m^{-3}$  (equivalentes a  $\$ 13.90$  pesos) (Salvador *et al.*, 2011); lo que muestra que, aun cuando Valparaíso fue eficiente en el uso del  $m^3$  en términos económicos, con relación a uno de los principales productores a nivel mundial de durazno, es poco eficiente.

Mientras el indicador de 0.20 empleos  $hm^3$  determinado para las tres regiones analizadas fue bajo con relación al encontrado por García (2007), quien menciona que, para cinco variedades de durazno en Murcia, determinó un indicador que osciló entre 106-111 empleos  $hm^3$ . Esta marcada diferencia se debe, particularmente, al uso de riego por goteo; se ha generalizado en los países del sur de Europa para asegurar altos rendimientos de fruta de calidad, especialmente en las zonas donde el agua es escasa. Tal es el caso de la región de Murcia (España), donde el riego por goteo emplea menos líquido por hectárea; por lo que un hectómetro de agua irriga más superficie, lo que se traduce en más empleos por unidad de agua empleada, al ser más eficiente.

Una de las grandes ventajas del riego localizado es la mejora de la eficiencia del uso del agua que se ha alcanzado; lo que ha supuesto que el durazno se puede cultivar en zonas donde el agua es escasa.

Por otro lado, los indicadores sociales determinados en el cultivo de durazno resultaron altos al compararse con los determinados en otros cultivos, como el maíz forrajero (0.065) o (0.090) en alfalfa de la Comarca Lagunera (Pedroza-Sandoval *et al.*, 2014), dado que la producción de hortalizas y frutales requieren de una gran cantidad de mano de obra para actividades que no se realizan en otros cultivos como en los forrajes.

De acuerdo con García (2007), es destacable el alto requerimiento de mano de obra en todos los cultivos; es decir, tienen un elevado carácter social, tanto en términos cuantitativos como cualitativos, ya que esta mano de obra está ligada, fundamentalmente, al medio rural.

## Conclusiones

El agua es un recurso primordial en las zonas áridas y semiáridas de México, en tanto que su aporte limita la producción de la agricultura. Sin embargo, en este estudio se observó que el precio real del agua es muy bajo con relación a otras zonas agrícolas del mundo.

La determinación de índices de productividad física y monetaria pueden ser empleados como indicadores de eco-eficiencia, rendimiento y presión sobre el ambiente.

Se logró el objetivo del estudio al determinar la huella hídrica de la producción de durazno en el DDR183, encontrándose que la eficiencia y productividad del agua en Valparaíso fueron altos —tanto en términos productivos como socioeconómicos— con relación a los indicadores obtenidos en Fresnillo y Zacatecas; por lo que se concluye que de las tres regiones analizadas, Valparaíso resultó una región productiva y eficiente en el uso del agua, al promover un uso sustentable del mismo.

## Literatura citada

- Araus, J. L. (2004). The problems of sustainable water use in the Mediterranean and research requirements for agriculture. *Annals of Applied Biology*. 144:259-272.
- Boutraa, T. (2010). Growth performance and biomass partitioning of the desert shrub *Calotropis procera* under water stress conditions. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 6: 20-26.
- Bravo, L. A. G. y Zegbe, D. J. (2009). *Tecnología para el ahorro y el uso eficiente del agua en durazno*. Comité Estatal Sistema Producto Durazno. Estado de Zacatecas. En: [http://www.funprozac.org.mx/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=46&Itemid=14](http://www.funprozac.org.mx/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=46&Itemid=14) (Consultada el 15 julio de 2013).
- Chapagain, A. K. y Hoekstra, A. Y. (2004). *Water footprints of nations, value of water*. Research Report Series 16, UNESCO-IHE. Delf. Netherlands. 2004. En: [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org) (Consultada el 15 enero de 2015).
- CNA. (2008). Comisión Nacional del Agua. *Estadísticas del agua en México 2008*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ed.). México, D. F. 233 pp.
- Dichio, B.; Xiloyannis, C.; Sofo, A. y Montanaro, G. (2007). Effects of post-harvest regulated deficit irrigation on carbohydrate and nitrogen partitioning, Yield quality and vegetative growth of peach trees. *Plant and Soil*. 290 (1): 127-137.
- Domínguez, A. A. (2010). *Fresnillo: Monografía*. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Sociología, Área de concentración: Sociología Rural. México DF. 73 pp.
- FIRA. (2012). Fideicomisos instituidos en relación con la Agricultura. Sistema de elaboración de costos agropecuarios. En: [www.fira.gob.mx](http://www.fira.gob.mx) (Consultada el 01 mayo de 2013).
- García, G. G. (2007). *Evaluación económica y eficiencia del agua de riego en frutales de regadío*. Serie Técnica y de Estudios. Consejería de Agricultura y Agua, Murcia. 116 pp.
- García, G. J. y García, B. J. (2008). Eficiencia económica del agua de riego en el cultivo de diferentes grupos varietales de melocotón. *Fruticultura profesional*. 172: 28-139.
- García, G. J.; Romero, P.; Botía, P. y García, F. (2004). Cost-benefit analysis of almond orchard under regulated deficit irrigation (RDI) in SE Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2 (2): 157-165.
- Gleick, P. H. (2003). Global freshwater resources: soft-path solutions for the 21st century. *Science*. 302(5650):1524-1528.
- Goldhamer, D. A.; Salinas, M.; Crisosto, C.; Day, K. R.; Soler, M. and Moriana, A. (2002). Effects of regulated deficit irrigation and partial root zone drying on late harvest peach tree performance. *Acta Horticulturae*. 592: 343-350.
- Heargreaves, G. H.; Asce, F. y Samani Z.A. (1984). Economic considerations of deficit irrigation. *J. Irrig. Drain. Eng.* 110: 343-358.

- Hussain, I.; Turrall, H.; Molden, D. y Ahmad, M. (2007). Measuring and enhancing the value of agricultural water in irrigated River Basins. *Irrigation Science*. 25 (3): 263-282.
- Kijne, J. W; Barker, R. y Molden, D. (2003). *Water productivity in agriculture: Limits and opportunity for improvement*. CABI. Cambridge, UK. 11-19 pp.
- Marini, R. P. y Sowers, D. S. (2000). Peach tree growth, Yield and profitability as influenced by tree for and Tree density. *HortScience*. 35 (5): 837-842.
- Medina, G. G.; Rumayor, R. A.; Cabañas, C. B.; Luna, F. M.; Ruiz-Corral, J. A.; Gallegos- Vázquez, C.; Madero, T. J.; Gutiérrez, S. R.; Rubio, D. S. y Bravo-Lozano. A. G. (2003). *Potencial productivo de especies agrícolas en el estado de Zacatecas*. Libro Técnico No. 2. 1ª. Ed. Diciembre de 2013. Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Fresnillo, Zacatecas, México. 166 pp.
- Pasquale, S.; Hsiao, T. S. y Fereres E. (2007). On the conservative behavior of biomass water productivity. Water productivity: Science and Practice. *Irrigation Science*. 25:189-207.
- Passioura, J. (2006). Increasing crop productivity when water is scarce from breeding to field management. *Agricultural Water Management*. 80 (1-3): 176-196.
- Pedroza, S. A.; Ríos, F. J. L.; Torres, M. M.; Cantú, B. J. E.; Piceno, S. C. y Yáñez, C. L. G. (2014). Eficiencia del agua de riego en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y alfalfa (*Medicago sativa*): impacto social y económico. *Terra Latinoamericana*. 32 (3): 231-239.
- Pimentel, D.; Berger, B.; Filiberto, D.; Newton, M.; Wolfe, B.; Karabinakis, E. y Nandagopal, S. (2014). Water resources: agricultural and environmental issues. *BioScience*. 54(10): 909-918.
- Romero, A. P.; García, G. J. y Botía, O. P. (2006). Cost-benefit analysis of a regulated deficit-irrigated almond orchard under subsurface drip irrigation conditions in south-eastern Spain. *Irrigation Science*. 24 (3): 175-184.
- Salvador, R.; Martínez, C. A.; Cavero, J. y Playán, E. (2011). Seasonal on farm irrigation performance in the Ebro Basin (Spain): Crops and Irrigation Systems. *Agricultural Water Management*. 98 (4): 577-587.
- SIAP. (2012). Sistema de Información Agropecuaria. Cierre de la producción agrícola por estado. En: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Consultada el 30 enero de 2013).
- Zegbe, D. J. A.; Mena, C. J.; Rumayor, R. A. F.; Reveles, T. L. R. y Medina, G. G. (2005). *Prácticas culturales para producir durazno criollo en Zacatecas*. INIFAP-Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Zacatecas. Publicación especial No. 15. Diciembre de 2005. 82 pp.
- Zegbe, J. A. y Serna, P. A. (2009). El riego parcial de la raíz incrementa la productividad del agua en manzano en un ambiente semi-árido. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 15(2): 111-118.

Recibido: Mayo 12, 2015  
Aceptado: Agosto 19, 2015



Título: *Preñez de primavera* | *La primavera con danza y ruido, anuncia su llegada fértil*

Técnica: Tinta sobre papel

Medidas: 21.59 x 27.94 cm

Autora: Marisol Herrera Sosa