

La producción ejidal de tomate rojo (*Lycopersicum esculentum*) en el DR-017, y su huella Hídrica

NAVARRETE-MOLINA, Cayetano, RÍOS-FLORES, José y AREVALO-RODRÍGUEZ, Mayra

C. Navarrete, J. Ríos y M. Arévalo

Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas., Bermejillo, Durango, C.P. 35230.
ingnavarrete@hotmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez (eds.). Ciencias Sociales: Economía y Humanidades. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2015.

Abstract

The aim was to quantify the physical, economic and social efficiency of agricultural irrigation by pumping and gravity red tomato (*Lycopersicon esculentum*) in the ejido sector of the Laguna Region and compare these figures with alfalfa forage on average for the Laguna Region. Mathematical models that allow assessing the efficiency and productivity of irrigation water and water sustainability indicators were developed. The results indicate that a total of 94 L kg⁻¹ of red tomato on irrigation pumping and 483 L kg⁻¹ in gravity irrigation, while the alfalfa had a rate equal to 304 kg L⁻¹. Gross profit was \$ 11.21 m⁻³ in gravity irrigation and \$ 75.55 m⁻³ in pumping irrigation, while the alfalfa had a profit equal to \$ 1.78 m⁻³. It was found that the price of m³ in both crops irrigation cost was very low (\$ 0.28 m⁻³). It was determined that red tomato from gravity irrigation generated 58.1 jobs hm⁻³, while pumping irrigated were generated 68.1 jobs hm⁻³, in the other hand the alfalfa 4.7 jobs hm⁻³ were generated. Profit per worker was found \$ 193.05 in red tomato surface irrigation and \$ 1044.42 in pumping irrigation, and the alfalfa was \$ 58.71. Finally under the same growing conditions as well as market the minimum amount required to produce to have a viable operation (breakeven) in tomato gravity indicator was 5.176 ton ha⁻¹ and 5.377 ton ha⁻¹ in tomato pumping while the alfalfa had a rate equal to 74811 ton ha⁻¹. Based on the analysis it concludes that the tomato crop irrigated by pumping was more efficient in physical, economic and social terms in relation to gravity irrigation tomato and alfalfa cultivation.

25 Introducción

De todos los sectores de la economía, la agricultura es el más sensible a la escasez de agua. A veces el sector agrícola es considerado como un usuario “residual” del agua, después de los sectores doméstico e industrial, sin embargo supone el 70% de las extracciones globales de agua dulce y más del 90 % del uso consuntivo. También es el sector con más posibilidades u opciones de ajuste. En casi todas las regiones del mundo, la evapotranspiración desde tierras agrícolas regadas es, con mucho, el mayor uso consuntivo del agua extraída para uso humano. (Cosgrove-Cosgrove, 2012). En el estado de Zacatecas la historia no es diferente 92% del agua la emplea el sector Agropecuario, 7% el sector industrial y 1% el sector urbano, con 94% de sus acuíferos explotados.

El concepto de la productividad del agua fue establecido por Kijne *et al.*, (2003) como una medida sólida para determinar la capacidad de los sistemas agrícolas de convertir el agua en alimento. Para incrementar la productividad del agua es necesario maximizar la productividad de cada gota de agua, así como una mejorar la captación y aprovechamiento de agua de lluvia que pueda contribuir en la reducción de la presión que se ejerce sobre los recursos hídricos de determinada región (Mekonnen y Hoekstra, 2010).

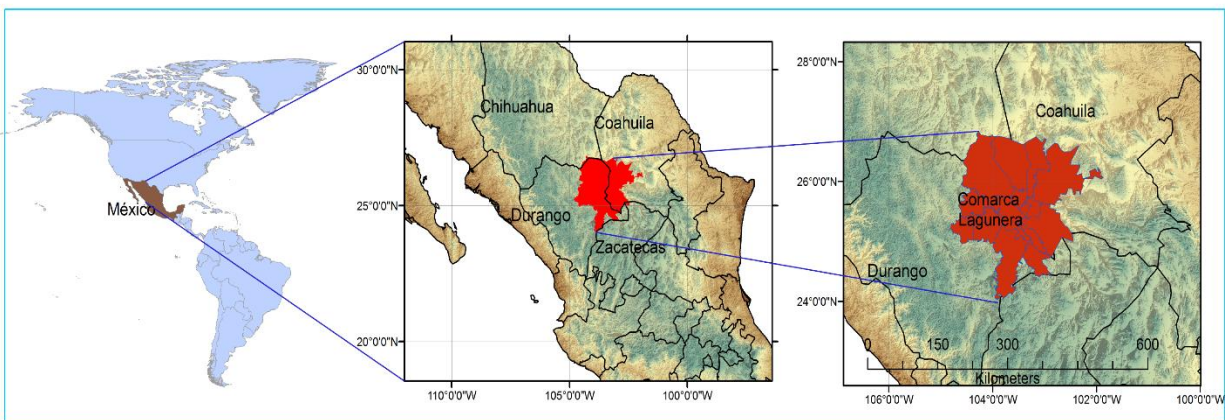
La determinación de la productividad en la práctica se utilizara como una herramienta de diagnóstico para entender el uso del agua en los sistemas agrícolas. Este indicador permitirá a los tomadores de decisiones hacer juicios acerca de qué alternativas existen para resolver problemas técnicos, de la productividad del agua, acerca de si una región es o no eficiente en la producción agrícola, proporcionando elementos para la determinación de posibles oportunidades de redistribución de agua en las cuencas (Kijne *et al.*, 2003). En este sentido este trabajo busca evaluar los indicadores de productividad física, económica y social del agua subterránea en los cultivos de tomate rojo bajo riego por bombeo y gravedad en el Distrito de Riego 017, Comarca Lagunera.

25.1 Materiales y Métodos

25.2 Localización del área de estudio

Se seleccionó el Distrito de Riego 017, Comarca Lagunera, que comprende parte de los estados de Coahuila y Durango. Esta región se localiza entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud oeste, y paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud norte, a una altura de 1200msnm (Fig. 25). De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973), el clima de la Comarca Lagunera es de tipo desértico con escasa humedad atmosférica y precipitación pluvial promedio de 240 mm anuales; el periodo de lluvia comprende de mayo a septiembre donde ocurre 70% de la precipitación. En la mayor parte de la región se tiene una evaporación anual de 2 600 mm y una temperatura media de 20 °C (De la Cruz *et al.*, 2003).

Figura 25 Localización geográfica de la Comarca Lagunera, México



25.3 Fuentes de información

Se utilizó la base de datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA-SIAP) del ciclo agrícola 2012, empleándose datos de producción, rendimiento, superficie sembrada y cosechada del tomate rojo para el Distrito de Riego, 017 en condiciones de riego rodado o de gravedad y en riego por bombeo en el sector ejidal y comparar estos indicadores con los obtenidos en el cultivo de alfalfa promedio para La Laguna. Para este estudio se define como agricultura de riego por gravedad todas aquellas tierras que tienen acceso a fuentes de agua normalmente de lluvia, captada en presas y embalses y que posteriormente es conducida a la parcela. Mientras que el riego por bombeo, se define como la extracción de agua subterránea con fines de riego.

Para construir los costos de producción del cultivo, se emplearon los datos de la SAGARPA, para el ciclo 2012. Con base en estos valores, se calculó la rentabilidad del cultivo para el área de influencia a nivel municipal. Las láminas de riego empleadas fueron las indicadas por el Campo Experimental Matamoros Coahuila, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de la Comarca Lagunera.

25.4 Variables evaluadas

- Litros de agua usados en el riego, necesarios para producir 1kg de producto físico (Y_1).

- Los kilogramos de producto físico producido por cada m³ de agua usado en el riego (Y₂).
- Litros de agua usada en el riego necesario para producir \$1 de ingreso bruto (Y₃).
- Ingreso bruto generado por m³ de agua usada en el riego (Y₄).
- Utilidad bruta producida por cada m³ de agua usada en el riego (Y₅).
- Cantidad de agua (m³) utilizada en el riego para producir \$1 de utilidad bruta (Y₆).
- Precio del metro cubico pagado por el productor (Y₇).
- Ingreso bruto por cada m³ de agua en relación al precio del m³ de agua al productor (Y₈).
- Cantidad de empleos generados por hectómetro de agua irrigada (Y₉).
- Horas de trabajo invertidas por tonelada (Y₁₀).
- Ganancia por trabajador (Y₁₁).
- Ganancia por hora invertida por trabajo (Y₁₂).
- Punto de equilibrio expresado en tonelada por hectárea (Y₁₃).
- Vulnerabilidad crediticia (Y₁₄).

25.5 Ecuaciones matemáticas utilizadas

$$Y_1 = \frac{V}{RF} = \frac{10000 \text{ LR}}{RF} = \text{L kg}^{-1} \quad (1)$$

$$Y_2 = \frac{1}{Y_1} = \frac{RF}{V} = 0.0001 \frac{RF}{\text{LR}} = \text{kg m}^{-3} \quad (2)$$

$$Y_3 = \frac{V}{RM} = \frac{10000 \text{ LR}}{RM} = \frac{10000 \text{ LR}}{RF (\text{Pr})} = \text{L } \$^{-1} \quad (3)$$

$$Y_4 = \frac{1}{Y_3} = \frac{RM}{V} = \frac{0.0001 \text{ RM}}{\text{LR}} = \frac{0.0001 \text{ RF (Pr)}}{\text{LR}} = \$ \text{m}^{-3} \quad (4)$$

$$Y_5 = \frac{U}{V} = \frac{I-C}{10000 \text{ LR}} = \frac{0.0001 (\text{RF (Pr)} - C)}{\text{LR}} = \text{Utilidad m}^{-3} \quad (5)$$

$$Y_6 = \frac{1}{Y_5} = \frac{V}{U} = \frac{10000 \text{ LR}}{U} = \frac{\text{Litros}}{\$1 \text{ Utilidad}} \quad (6)$$

$$Y_7 = \frac{Cr}{LR} = \frac{\$}{\text{m}^3} \quad (7)$$

Utilizamos los costos de producción del durazno para calcular varios índices económicos y, de estos hacer un análisis económico. La utilidad (U) se obtuvo como la diferencia entre ingresos y costos que representan las utilidades para el productor. Como indicadores microeconómicos utilizamos el precio del metro cúbico de agua (Y_8).

$$Y_8 = \frac{U/m^3}{\text{Precio del agua}/m^3} \quad (8)$$

También como un indicador de la importancia social del agua, el número de empleos agrícolas (Y_9). Esta eficiencia social del agua, 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 en árboles frutales (Hussain *et al.*, 2007).

$$Y_9 = \frac{E * 10^{-1}}{n \sum_{j=1}^n V_j} = \frac{\text{Empleos}}{\text{hectómetro}} \quad (9)$$

Además variables de eficiencia social se evaluaron las siguientes:

$$Y_{10} = \frac{J * 8}{RF} = \frac{h}{kg} \quad (10)$$

$$Y_{11} = \frac{S * U}{\text{Empleos anuales}} = \frac{\text{Ganancia}}{\text{Trabajador}} \quad (11)$$

$$Y_{12} = \frac{U}{j * 8} = \frac{\text{Ganancia}}{h} \quad (12)$$

$$Y_{13} = \frac{\text{Costos } ha^{-1}}{\text{Precios } t^{-1}} = t ha^{-1} \quad (13)$$

$$Y_{14} = \frac{RF}{Y_{12}} \quad (14)$$

Donde:

LR = Lámina de riego (m) del cultivo

V = Volumen de agua ($m^3 ha^{-1}$) del cultivo = LR*10000

$\sum_{j=1}^n V_j =$
Volumen de agua usado (m^3) por toda la superficie irrigada del cultivo

RF= Rendimiento físico por hectárea ($t ha^{-1}$)

I= RM= Ingreso o rendimiento monetario por hectárea ($\$ ha^{-1}$)

C= Costo / hectárea ($\$ \text{ha}^{-1}$)

Cr= Costo del riego ($\$ \text{m}^{-3}$)

U = I – C=Utilidad o ganancia bruta ($\$ \text{ha}^{-1}$)

Pr = Precio real ($\$ \text{t}^{-1}$)

E = Número de empleos generados al año por el cultivo = $S*J/288$.

S= Superficie cosechada del cultivo (ha)

J= Numero de jornales por hectárea.

288 = Número de jornadas de trabajo al año por trabajador = 6 jornadas de trabajo por semana por 48 semanas al año.

25.6 Resultados

Superficie cosechada, producción, análisis económico marginal en el cultivo de Tomate rojo (*Lycopersicum esculentum*) producido en el sector ejidal en el DR-017 La Laguna

La producción de tomate rojo en el sector Ejidal en el ciclo agrícola 2012 se dividió en 17 ha irrigadas por gravedad y 222.5 ha de bombeo, las cuales produjeron 367 ton y 20,272 ton respectivamente. Mientras en el riego rodado una ha produjo 21.588 ton, la misma superficie al ser irrigada mediante agua subterránea generó 4.22 veces más, ya que produjo 91.11 ton ha^{-1} . Para lograr ese notorio aumento en la productividad del suelo, fue necesario que el costo por ha se elevara también, de \$36,865.7 en gravedad a \$38,295.9 en bombeo, pues mientras el costo por ha se elevaba 3.9%, el rendimiento físico se incrementó 322%, es decir; marginalmente, el tomate producido bajo condiciones de bombeo, incrementaba 48.6 kg de tomate por cada \$1 de incremento en el costo. El precio determinado fue de \$7,122 ton^{-1} para ambas formas de riego, denotándose diferencias notorias en la Relación Beneficio-Costo (RB/C), del orden de 4.17 en gravedad y 16.94 en bombeo. En el caso del cultivo de referencia, la alfalfa promedio producida en bombeo en La Laguna, la Relación Beneficio-Costo fue igual a 1.19, fue, con mucho, muy inferior a la rentabilidad del tomate, ya sea de gravedad o de bombeo, teniendo un rendimiento físico de 88.711 ton ha^{-1} , y un precio medio rural del orden de \$541 ton^{-1} .

En lo referente al número de jornales por ha, con 174.37 y 168.37 jornales ha^{-1} , en el tomate de gravedad y bombeo respectivamente, se genera 4.72 veces más empleo por ha en tomate gravedad y 4.56 veces más empleo en tomate bombeo en relación al cultivo de alfalfa.

La alfalfa se comportó, como un gran demandante de agua, pues requirió de 910.12 millones de m^3 de agua (Mm^3), en comparación del 1.91 y el 0.18 Mm^3 en el tomate de bombeo y gravedad respectivamente, y con ese consumo global de agua, la alfalfa produjo regionalmente un volumen de ganancia igual a \$253.50 millones de pesos, que si bien fue superior a los \$137.85 millones de pesos producidos de ganancia por ambos tomates, el consumo de agua por el forraje fue desproporcionado, pues consumió 435.5 veces más agua que ambos tipos de riego en el tomate, pero con ello logró una ganancia *solamente* 1.83 veces *más* grande que la producida regionalmente por el cultivo de tomate en sus dos tipos de riego en el sector ejidal, lo que tipificaría al sector ejidal, como *más eficiente* en términos económicos al usar el agua de riego produciendo tomate que la producción regional de alfalfa.

Asimismo, en este mismo rubro de la eficiencia económica, la producción de alfalfa, requirió una inversión de \$1,364.38 millones de pesos, y con ello generó una ganancia, igual a \$203.9 millones, mientras que en la producción ejidal de tomate, requirió de una inversión de \$9.14 millones de pesos, pero ello generó una derrama económica, del orden de \$137.85 millones de pesos. Lo anterior, ubica a la producción ejidal de tomate como altamente eficiente en términos económicos.

25.7 Indicadores de la huella hídrica en tomate rojo (*Lycopersicon esculentum*) en el sector ejidal en La Laguna

La primera variable, es un indicador de eficiencia del agua de riego, (Y_1), misma que evalúa la cantidad de agua, en litros, requerida para producir un kg de producto. Así, se determinó que existieron notorias diferencias en la producción de tomate, ya que, mientras que en gravedad fueron necesarios 483 L kg^{-1} , mientras que en tomate rojo en riego por bombeo se demandaron solamente 94 L kg^{-1} , mientras que el cultivo parámetro requirió de un total de 304 L kg^{-1} de forraje. Visto de otra forma la variable Y_2 indica que el agua de riego de bombeo fue más eficientemente usada, pues con solamente el 19.5% del agua usada en gravedad para producir un kg de tomate, se produjo ese mismo kg (Tabla 25).

De acuerdo con el Cuadro 1, para producir \$11.21 de utilidad en el tomate de gravedad requirió el uso de un m^3 de agua, pero, si ese mismo volumen de agua, hubiese sido usado en el tomate de bombeo, habría generado una utilidad de \$71.10, es decir; el agua de riego de bombeo fue 6.34 veces más *productiva*, más aún, de usarse ese mismo volumen de agua, un metro cúbico, en la producción de alfalfa, produciría solamente \$0.28 de ganancia, con lo que, y con mucho, se posiciona al tomate ejidal, en cualquiera de sus dos formas de riego, como un cultivo con una huella hídrico-económica mucho menor, pues para producir \$71.10 de utilidad en alfalfa habría demandado un volumen de agua 253.93 veces *mayor*. Por ello la variable Y_5 , indica que en tomate irrigado por gravedad se requirieron 89.2 L para generar \$1 de ganancia bruta, y de 14.1 L en bombeo y de 3,590.2 L en el alfalfa.

Tabla 25 Indicadores de la Huella hídrica mediante índices de eficiencia y productividad del agua irrigada de origen superficial irrigada por gravedad (G) y subterránea (B) en los cultivos de tomate (*Lycopersicum esculentum*) producido en el sector Ejidal y alfalfa (*Medicago sativa*) promedio en la Comarca Lagunera. Cifras monetarias en pesos nominales de 2012

Tipo de índice:	Variable	Tomate Gravedad	Tomate Bombeo	Alfalfa B
Eficiencia física	$Y_1 =$ Litros de agua/kg	483	94	304
Productividad física	$Y_2 =$ Kg/m ³ de agua	2.070	10.609	3.286
Eficiencia económica	$Y_3 =$ Litros de agua por \$1 de ingreso bruto	68	13	563
Productividad económica	$Y_4 =$ Ingreso bruto por m ³ de agua	\$14.74	\$75.55	\$1.78
Productividad económica	$Y_5 =$ Utilidad bruta por m ³ de agua	\$11.21	\$71.10	\$0.28
Eficiencia económica	$Y_6 =$ Litros de agua por \$1 de utilidad	89.2	14.1	3,590.2
Indicador económico	$Y_7 =$ Precio del m ³ de agua al productor	\$0.28	\$0.28	\$0.28
Indicador económico	$Y_8 =$ Ingreso bruto por m ³ /precio del m ³ de agua al productor	52.30	268.00	6.31
Indicador económico-social	$Y_9 =$ Empleos generados por cada 1, 000,000 m ³ de agua	58.1	68.1	4.7
Indicador económico-social	$Y_{10} =$ Horas de trabajo invertidas por ton	64.62	14.78	3.33
Indicador económico-social	$Y_{11} =$ Ganancia por trabajador (\$ miles)	\$193.05	\$1,044.42	\$58.71
Indicador económico-social	$Y_{12} =$ Ganancia por hora invertida de trabajo	83.79	453.31	25.48
Indicador económico-social	$Y_{13} =$ Punto de equilibrio (ton ha ⁻¹ para ni perder ni ganar)	5.176	5.377	4.811
Indicador económico-social	$Y_{14} =$ Vulnerabilidad crediticia (rendimiento físico/ Punto de equilibrio)	4.17	16.94	1.19

Fuente: Elaboración propia

En el aspecto social se observó que por cada hectómetro de agua empleado en el tomate rojo de riego por gravedad se generaron 58.1 empleos hm³, mientras que en tomate de riego por bombeo se generaron 68.1 empleos hm³, mientras que en el cultivo de alfalfa apenas se generaron 4.7 empleos hm³. Es notable observar que el principal de los forrajes en La Laguna, generó solamente 4.7 empleos por cada 1, 000,000 metros cúbicos de agua irrigada. Con lo anterior, se demuestra que la huella hídrica, en términos sociales, en este particular rubro del empleo, es más favorable en el cultivo hortícola que en el forrajero, socialmente, el agua es más redituable en la producción de tomate que en alfalfa, pues genera más empleo (Tabla 25).

Por otro lado la variable Y_{13} evalúa el punto de equilibrio (como cantidad de ton ha^{-1} que deben producirse para ni perder ni ganar) de cada uno de los tres cultivos. Así, en el tomate producido en riego por gravedad, señala que el productor debe producir $5.377 \text{ ton ha}^{-1}$ para a partir de allí, empezar a producir ganancia, mientras que en bombeo, el punto de equilibrio es de $5.377 \text{ ton ha}^{-1}$ a la vez que la alfalfa tuvo un punto de equilibrio de $74.811 \text{ ton ha}^{-1}$. Por lo que considerando los rendimientos realmente obtenidos se observa que los tres cultivos superaron el punto de equilibrio.

Finalmente la variable Y_{14} muestra que los tres cultivos son susceptibles de líneas crediticias, pues son capaces de producir excedentes que cubran el adeudo, no obstante, el margen de negociación del cultivo de alfalfa, es estrecho, pues la variable Y_{14} indica que produce solamente un 19% (el índice es 1.19) de producto físico por arriba de lo mínimo deseable, mientras que en el tomate ejidal, si es producido en gravedad, al ser 4.17 el indicador, señala que produce 4.17 veces lo mínimo deseable, y 16.94 veces en el caso del tomate rojo ejidal de bombeo, lo que posiciona a ambos tomates como altamente susceptibles de líneas crediticias para llevar a cabo la producción (Tabla 25).

26.8 Conclusiones

En base al análisis realizado se concluye que el cultivo de tomate bajo riego por bombeo fue más eficiente en términos físicos, económicos y sociales en relación al tomate en riego por gravedad y que el cultivo de alfalfa.

26.9 Referencias

- De la Cruz, E., Gutiérrez, E., Palomo, A. y Rodríguez, S. (2003). “Amplitud combinatoria y heterosis de líneas de maíz en la Comarca Lagunera”, *Revista Fitotecnia Mexicana*, número 4 (Vol. 26). pp. 279-284.
- Cosgrove, C. E., & Cosgrove, W. J. (2012). *The United Nations World Water Development Report—N° 4—The Dynamics of Global Water Futures: Driving Forces* UNESCO. Number 4 (Vol. 2). pp. 2011–2050
- Kijne, J., W, Barker, R., & Molden, D. (2003). *Water Productivity in Agriculture: Limits & Opportunity for Improvement*. CABI, Cambridge, UK. 11-19 pp.
- Mekonnen, M. M., and A. Y. Hoekstra. (2010). "A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat", *Hydrology and Earth System Sciences*, number 7 (Vol.14). pp. 1259-1276.
- SIAP, 2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuarios estadísticos de la producción agropecuaria. SAGARPA-SIAP. Consultado el 13 de julio del 2014 en: <http://www.siap.gob.mx/>
- Hussain, I., Turrall, H., Molden, D. & Ahmad, M. (2007). “Measuring & Enhancing the Value of Agricultural Water in Irrigated River Basins”, *Irrigation Science*, number 3 (Vol. 25). pp. 263-282
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. UNAM. México, DF. 246p.