

**Productividad agrícola del agua en nogal pecanero (*Carya illinoensis* [Wangenh] K. Koch) producido en el municipio de San Pedro, Coahuila**

RÍOS-FLORES, José Luis, TORRES-MORENO, Marco Antonio y TORRES-MORENO, Miriam

J. Ríos`, M. Torres`` y M. Torres```

`Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Domicilio Conocido Carretera Gómez Palacio – Chihuahua, Bermejillo, Durango, C.P. 35230. Tel. + 52 (871) -7760160

``Innovación Ambiental para la Conservación y Desarrollo Sustentable A.C. Diego Rivera No.1 Int. 203 Unidad ISSSTE Texcoco Edo de México

```SAGARPA, Delegación-Región Lagunera-Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural, Cd. Lerdo, Dgo., Calle Chihuahua No 14OTE. C.P. 35000 México

j.rf2005@hotmail.com

F. Pérez, E. Figueroa, R. García, L. Godínez (eds.) Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía. Handbook T-I.- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## Abstract

This work aims to determine the water productivity in pecan produced in the municipality of San Pedro, Coahuila, Mexico, under conditions of irrigation by pumping and gravity. The productivity of water in physical to compare to the DR017 terms was  $0.062 \text{ kg m}^{-3}$  vs.  $0.075 \text{ kg m}^{-3}$ , indicating that the municipality of San Pedro was 18% less productive. The pecan in the municipality of San Pedro employment  $16.19 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ , while in the DR017 were  $13.25 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ . In addition, an  $\text{hm}^3$  of water generated 12.6 jobs in San Pedro and 14.7 jobs in the DR017. It is concluded that in terms of physical and economic water efficiency, the orchard pecan established in DR017 was more productive in related to San Pedro, Coahuila in physical and economic terms.

## 7 Introducción

La agricultura es el mayor usuario de agua, lo que representa casi el 70% de las extracciones a nivel mundial, y hasta 95% en los países en desarrollo, lo que constituye un reto enorme para producir alimento para una población cada vez más creciente con menor tierra y agua, lo que obligadamente nos conduce a incrementar la productividad del agua en el sector agrícola. Cai & Rosegrant (2003), mencionan que la productividad generalmente se define como el rendimiento obtenido por metro cúbico de agua consumido, y que la productividad varía de región a región y de parcela a parcela dependiendo de muchos factores, tales como patrón de cultivos, patrones climáticos, sistemas de riego, manejo del agua en la parcela, el tipo de suelo, así como la mano de obra, la fertilización y la maquinaria que se emplee.

De acuerdo con la FAO (2002), la productividad del agua se denomina eficiencia y esta no es más que la cantidad o relación de la cantidad de producto obtenido que se genera o “salidas” y la cantidad de agua que se utiliza o “entradas” para producir tal producto. Estas “salidas” podrían ser biológicas tales como cultivos (granos, frutas o verduras), o animales (carne, leche, huevo, pescado, piel, o lana) y se puede expresar en términos de rendimiento productivo, rendimiento nutricional, o valor económico.

Hoekstra y Chapagain, (2004), en el caso de la producción de nuez de cáscara a nivel mundial utiliza el 2% del total del agua que es utilizada para riego en todo el mundo, al igual que la producción del café y del mijo, mientras que el maíz utiliza 9% del total del agua utilizada para riego. Wilchens, (2001), menciona que la producción de nuez con cáscara en el caso de México utiliza  $2,811 \text{ m}^3$  de agua por tonelada de nuez con cáscara producida en el país, mientras que el pistacho, que también es característico de la región utiliza  $25,496 \text{ m}^3$  de agua por tonelada, la naranja  $772 \text{ m}^3$  de agua por tonelada, las mandarinas, nectarinas y chabacanos  $3,165 \text{ m}^3$  de agua por tonelada, mientras que la vid consume  $601 \text{ m}^3$  de agua por tonelada, la sandía utiliza  $236 \text{ m}^3$  de agua por tonelada y el melón  $169 \text{ m}^3$  de agua por tonelada de producto (Hoekstra y Chapagain, 2004).

De acuerdo con Hoekstra y Hung (2005), existen diferencias entre países en cuanto a la eficiencia productiva del agua en el nogal, por ejemplo mientras que en México como ya se mencionó antes se utilizan  $2,811 \text{ m}^3$  de agua por tonelada de nuez, al comparar contra los principales países productores de nuez de cáscara se observa que Australia utiliza  $2,623 \text{ m}^3$  de agua por tonelada de nuez, Argentina  $1,702 \text{ m}^3$  de agua por tonelada de nuez, Sudáfrica  $2,759 \text{ m}^3$ / tonelada, Perú  $2,077 \text{ m}^3$ / tonelada, Israel  $949 \text{ m}^3$ / tonelada, Brasil  $2,087 \text{ m}^3$ / tonelada, Egipto  $2,122 \text{ m}^3$ / tonelada y Estados Unidos  $1,150 \text{ m}^3$ / tonelada.

La producción de alimentos y el uso del agua son dos procesos estrechamente vinculados. A medida que la competencia por el agua se intensifica en todo el mundo, el agua en la producción de alimentos debe ser utilizada de manera más eficiente (Pasquale, Hsiao y Federes, 2007).

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. Sin embargo la determinación de tal concepto en la práctica se utilizara como una herramienta de diagnóstico para determinar la eficiencia del uso del agua ya sea alta o baja en los sistemas agrícolas o subsistemas; y en segundo lugar, proporciona una visión sólida para la determinación en las oportunidades de redistribución de agua en las cuencas hacia un objetivo de aumento de la productividad del agua a escala de cuenca y global. Lo que finalmente permitirá a los tomadores de decisiones hacer juicios acerca de qué alternativas puede haber para resolver los problemas técnicos, de la productividad del agua, acerca de si una región es o no eficiente en la producción agrícola. Por ello el objetivo de este trabajo fue la determinación de la productividad física, monetaria y social del nogal pecanero del municipio de San Pedro, perteneciente al Distrito de Riego 017, Comarca Lagunera.

## 7.1 Metodología

### 7.1.1 Fuentes de información

Se utilizó la base de datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) del ciclo agrícola 2014, empleándose datos de producción, rendimiento, superficie sembrada y cosechada del cultivo de cebolla en condiciones de riego rodado o de gravedad y de bombeo producido en el Distrito de Riego 017, Comarca Lagunera.

Los datos base permitieron la obtención de las siguientes variables económicas: Rendimiento físico por hectárea ( $\text{ton ha}^{-1}$ ), precios por tonelada en pesos mexicanos, y los costos de producción por hectárea, los cuales consistieron en añadirle a los costos de operación reportados por SAGARPA (cuyos rubros componentes son preparación del suelo, siembra y fertilización, labores culturales, fitosanidad, riego, cosecha y seguro agrícola) costos fijos por depreciación de maquinaria y equipo, renta del suelo y costos financieros. A su vez, las variables anteriores permitieron la obtención de todas y cada una de las demás variables.

Las láminas de riego (LR) recomendadas por el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Aguas-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID-RASPA) institución encargada de generar tecnología agrícola acerca de las necesidades hídricas de los cultivos, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con sede en Gómez Palacio, Durango, México, mediante su programa de software D'RIEGO versión 1.0

### 7.1.2 Ecuaciones matemáticas empleadas y variables

Variables de productividad del suelo, de dominio general:

Rendimiento físico “RF”, medido en  $\text{ton ha}^{-1}$ , o en  $\text{kg ha}$ , según se lo demande en la ecuación pertinente, el RF está determinado por la ecuación:

$$\text{RF} = \frac{\text{Producción}}{\text{superficie cosechada}} = \frac{\text{ton de producto}}{\text{una ha}} = \frac{\text{kg de producto por ha}}{\text{una ha}} \quad (7)$$

Ingreso por ha, llamado también rendimiento monetario “RM”, medido en MX\$, determinado por la ecuación:

$$RM = RF * p \quad (7.1)$$

Donde:

$p$  = precio  $\text{ton}^{-1}$ , en US\$.

Ganancia Bruta por ha “gb”, medida en MX\$, determinado por la ecuación:

$$gb = RM - CO \quad (7.2)$$

Donde:

“CO” es el costo de operación por ha en MX\$.

Ganancia Neta por ha “gn”, medida en MX\$, determinado por la ecuación:

$$gn = RM - CN \quad (7.3)$$

Donde:

“CN” es el costo total por ha en MX\$, donde C incluye depreciación de capital fijo y renta del suelo.

Relación Beneficio –Costo “RB/CN”, donde “RB” es lo señalado arriba como “RM”, esto es el ingreso por hectárea, mientras que “CN” es el costo neto. También se puede considerar al costo bruto “CB” en vez de CN, ello implicaría que la RB/C estaría saliendo artificialmente alta, es decir, estimar la RB/C con CN es más exacta en tanto el costo por hectárea es más real, más elevado que CB. Se le estimó con el modelo:

$$RB/C = \frac{RM}{CN} \quad (7.4)$$

Productividad social del capital “Empleos  $\text{MMX}^{-1}$ ”, medido como la cantidad de empleos generados por cada millón de pesos invertidos en la producción, determinado por la ecuación:

$$E_{\text{MMX}\$} = \frac{31250}{9} \left( \frac{J}{CN} \right) \quad (7.5)$$

Donde:

“CN” es el costo neto por hectárea, es decir aquel costo que ya tomó en cuenta a la depreciación de maquinaria y equipo y la renta del suelo, puede también tomarse el costo bruto.

“CB” o costo de operación (esto es, el costo por hectárea que aún no considera la depreciación de maquinaria y equipo ni la renta del suelo), pero en tanto CB es mayor que CN, necesariamente “E MMX\$” será menor.

Otra forma de productividad **social** del capital, es aquella que mide a la cantidad de capital invertido necesario para crear un empleo permanente, llamémosle “MX\$ E<sup>-1</sup>”, el cual está dado por la ecuación:

$$\text{MX\$E}^{-1} = 288 * \left( \frac{CN}{J} \right) \quad (7.6)$$

### 7.1.3 Variables de Huella Hídrica

Huella hídrica en términos físicos, como índice de productividad física del agua, en Kg m<sup>-3</sup>, determinado por la ecuación:

$$\text{kg m}^{-3} = \frac{RF}{V} = \frac{RF}{10,000LR} = 0.000 RF(LR)^{-1} \quad (7.7)$$

Donde “V” es el volumen de agua usado por ha (en m<sup>3</sup>), equivalente al producto de la lámina de riego “LR” por 10 mil m<sup>2</sup>.

Huella hídrica en términos físicos, como índice de eficiencia física del uso del agua, en m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>, determinado por la ecuación:

$$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} = \frac{V}{RF} = \frac{10,000LR}{RF} = 10,000LR (RF)^{-1} \quad (7.8)$$

Donde:

RF está en kg ha<sup>-1</sup>.

Huella hídrica en términos económicos, como índice de productividad económica del agua usada en el riego, en centavos de MX\$ de ganancia bruta m<sup>-3</sup>, determinado por la ecuación:

$$\text{MX\$ de ganancia Bruta m}^{-3} = \frac{gb}{V} * 100 \quad (7.9)$$

Donde:

La ganancia bruta “gb” está en MX\$ por ha, “V” en m<sup>3</sup> por ha.

Huella hídrica en términos económicos, como índice de productividad económica del agua usada en el riego, en centavos de MX\$ de ganancia neta m<sup>-3</sup>, determinado por la ecuación:

$$\text{MX\$ de ganancia Neta m}^{-3} = \frac{gn}{V} * 100 \quad (7.10)$$

Donde:

La ganancia neta “gn” está en US\$ por ha, “V” en m<sup>3</sup> por ha.

Precio del agua, determinado por el precio estimado por del m<sup>3</sup> de agua usada por el productor en el riego, “Precio m<sup>-3</sup>”, determinado por la ecuación:

$$P \text{ m}^{-3} = \frac{\text{Costo del rubro de riego} / \text{ha}}{V} \quad (7.11)$$

Huella hídrica en términos sociales, como índice de productividad social, medida en Empleo hm<sup>-3</sup>, determinada por la ecuación:

$$\text{Empleo} \text{ hm}^{-3} = 1,000,000 * \left( \frac{J/288}{V} \right) = \frac{31250}{9} J V^{-1} \quad (7.12)$$

Donde “J” es el número de jornales por ha y 288 es el número de jornadas de trabajo que en un año tiene un trabajador a razón de 6 jornadas por semana durante 48 semanas al año.

Variables de productividad laboral:

La primera forma en cómo se midió la productividad del trabajo fue en su forma de kg de nuez producidos por cada trabajador, “Kg trabajador<sup>-1</sup>”, determinado por la ecuación:

$$\text{kg trabajador}^{-1} = 288 * \left( \frac{RF}{j} \right) \quad (7.13)$$

Donde:

RF debe estar en kg por hectárea, si se lo expresa en ton por hectárea la ecuación deberá multiplicarse por 1000.

La segunda forma en cómo se midió la productividad del trabajo fue en su forma de kg de nuez producidos por hora de trabajo, “Kg h<sup>-1</sup>”, determinado por la ecuación:

$$\text{kg trabajador}^{-1} = 125 * \left( \frac{RF}{J} \right) \quad (7.14)$$

Donde: RF debe estar en ton por hectárea, si se lo expresa en kg por hectárea la ecuación deberá dividirse entre 1000.

La tercera forma en cómo se midió la productividad del trabajo fue en su forma de hora invertidas de trabajo por ton de nuez producida, “h ton<sup>-1</sup>”, determinado por la ecuación:

$$h \text{ ton}^{-1} = 8 \frac{J}{RF} \quad (7.15)$$

Donde:

RF debe estar en ton por hectárea.

## 7.2 Resultados

### 7.2.1 Producción, rentabilidad, demanda hídrica y empleo generado en la producción de nogal pecanero en el municipio de San Pedro, Coahuila

El mercado agrícola de la producción de nogal a nivel Distrito de Riego 017, se caracterizó en el año agrícola 2014 por contar con 7, 131 ha cosechadas, en las cuales se produjo un volumen de 9,131 ton, mismas que tuvieron un valor en el mercado igual a \$381.66 millones de pesos. Desagregando esas cifras, se observa que en el municipio de Nazas se cosecharon un total de 1, 207 hectáreas, de las cuales 202 hectáreas son de bombeo (16.73%) y 1,005 hectáreas de gravedad (83.26%). Respecto de la producción municipal se obtuvieron un total de 1, 875.8 toneladas de nuez, de las cuales el 83.70% corresponden a la producción de gravedad y el restante 16.29% corresponden a la producción de bombeo. A nivel municipal el valor de la producción agrícola fue de \$81.26 millones de pesos, de los cuales la producción de gravedad aportó el 83.70% de ese valor y el restante 16.29% del valor lo aportó la producción de bombeo. A nivel municipal el municipio de Nazas contribuyó con el 16.9% de la superficie cosechada, el 20.5% de la producción física anual y el 21.3% del VBP regional. Esa misma fuente indica que el rendimiento promedio en el municipio de Nazas fue de 1.55 ton ha<sup>-1</sup>, observándose mayor rendimiento en el caso del nogal producido bajo riego por gravedad con 1.56 ton ha<sup>-1</sup> *versus* 1.51 ton ha<sup>-1</sup> en el nogal pecanero producido bajo riego por bombeo. Asimismo en la Tabla 1, el rendimiento a nivel distrital para el ciclo agrícola 2014 fue de 1.28 ton ha<sup>-1</sup>, lo que indica que el rendimiento del nogal producido en el municipio de Nazas fue 21.4% superior al determinado en el Distrito de Riego 017.

El precio por tonelada en el municipio de Nazas, fue de \$43,322 ton<sup>-1</sup>, asimismo se determinó que independientemente de la forma de riego el precio por tonelada pagado en el municipio es el mismo, mientras que el pagado a nivel Distrito de Riego, donde el precio por tonelada de producto fue de \$41, 800 ton<sup>-1</sup>, lo que indica que el precio promedio municipal fue 3.6% superior al del Distrito de Riego 017. Asimismo en cuanto al ingreso por hectárea, se observa que a nivel distrital fue de \$53,521 ha<sup>-1</sup>, mientras que en el municipio de Nazas el ingreso por hectárea fue de \$67,326 ha<sup>-1</sup> en promedio, oscilando de \$65, 549 ha<sup>-1</sup> en el nogal de bombeo a \$67, 684 ha<sup>-1</sup> en el nogal producido en gravedad, lo que indica que el ingreso por hectárea obtenido en el municipio de Nazas fue 25.8% superior al obtenido a nivel distrital. Respecto del costo por hectárea se encontró que en promedio a nivel distrital el costo fue \$25, 031 ha<sup>-1</sup>, mientras que en el caso del nogal producido a nivel municipal el costo fue de \$28, 363 ha<sup>-1</sup>, lo que indica que el costo por hectárea en el municipio de Nazas fue 13.3% superior al del nogal promedio distrital.

Desglosando las cifras, se observa que el nogal producido en bombeo tiene un costo de producción de \$32,490 ha<sup>-1</sup>, mientras el producido en gravedad tiene un costo de producción de \$27,534 ha<sup>-1</sup>, por lo que la ganancia por hectárea a nivel distrital fue de \$28,490 ha<sup>-1</sup>, mientras la ganancia a nivel municipal fue de \$38,963 ha<sup>-1</sup>, lo que indica que la ganancia por hectárea a nivel municipal fue 36.8% superior a la determinada a nivel Distrito de Riego.

De acuerdo con la Tabla 7, la Relación Beneficio/Costo a nivel Distrito de Riego fue de 2.14, mientras que la del nivel municipal fue de 1.82, lo que implica que la rentabilidad a nivel municipal fue 14.8% inferior en el municipio de San Pedro, Coahuila, en relación a la rentabilidad determinada a nivel distrital. Asimismo la Relación Beneficio/Costo del nogal pecanero producido vario de acuerdo al tipo de riego, en bombeo fue de 1.70 y de 1.86 en la producción de nuez bajo riego por gravedad.

**Tabla 7** Superficie, producción, valor de la producción, ingresos, costos, rentabilidad, agua usada y empleo en el cultivo de Nogal pecanero irrigado por gravedad y bombeo en el municipio de San Pedro, Coahuila en el DR-017 Comarca Lagunera, ciclo agrícola 2014

| Variable macroeconómica                                                                                                     | San Pedro, Coahuila |                      |                                       |                                     | E) Nogal promedio en La Comarca Lagunera (bombeo + gravedad) | F = D / E en % |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------|
|                                                                                                                             | A) Nogal de bombeo  | B) Nogal de gravedad | C) Suma de ambos tipos de riego (A+B) | D) Promedio de ambos tipos de riego |                                                              |                |
| Superficie cosechada (ha)                                                                                                   | 493                 | 1956                 | 2449                                  |                                     | 7,131                                                        | 34.3%          |
| Producción física anual (ton)                                                                                               | 640                 | 2348.5               | 2988.5                                |                                     | 9,131                                                        | 32.7%          |
| VBP (Millones de pesos)                                                                                                     | \$27.26             | \$100.03             | \$127.29                              |                                     | \$381.66                                                     | 33.4%          |
| Ton/ha                                                                                                                      | 1.30                | 1.20                 |                                       | 1.22                                | 1.28                                                         | 95.3%          |
| Precio (MX\$) ton <sup>-1</sup>                                                                                             | \$42,592            | \$42,592             |                                       | \$42,592                            | \$41,800                                                     | 101.9%         |
| Ingreso (MX\$) ha <sup>-1</sup>                                                                                             | \$55,292            | \$51,139             |                                       | \$51,975                            | \$53,521                                                     | 97.1%          |
| Costo (MX\$)ha <sup>-1</sup>                                                                                                | \$32,490            | \$27,534             |                                       | \$28,532                            | \$25,031                                                     | 114.0%         |
| Ganancia (MX\$) ha <sup>-1</sup>                                                                                            | \$22,802            | \$23,605             |                                       | \$23,443                            | \$28,490                                                     | 82.3%          |
| Relación Beneficio/Costo                                                                                                    | 1.70                | 1.86                 |                                       | 1.82                                | 2.14                                                         | 85.2%          |
| # de jornales/ha                                                                                                            | 72.27               | 71.27                |                                       | 71.47                               | 71.78                                                        | 99.6%          |
| Kg de nuez por jornada                                                                                                      | 18.0                | 16.8                 |                                       | 17.1                                | 17.84                                                        | 95.7%          |
| Ganancia monetaria/jornada                                                                                                  | \$316               | \$331                |                                       | \$328                               | \$397                                                        | 82.6%          |
| Lámina de riego (m)                                                                                                         | 1.2                 | 1.2                  |                                       | 1.20                                | 1.20                                                         | 100.0%         |
| Eficiencia de conducción                                                                                                    | 0.82                | 0.57                 |                                       | 0.61                                | 0.71                                                         |                |
| Volumen de agua usado por hectárea (m <sup>3</sup> )                                                                        | 14,634              | 21,053               |                                       | 19,761                              | 16,969                                                       | 116.4%         |
| Volumen de agua usado en toda la superficie cosechada (en hm <sup>3</sup> =1 millón de m <sup>3</sup> = 1000 millones de L) | 7.21                | 41.18                | 48.39                                 |                                     | 121.01                                                       | 40.0%          |
| Ganancia monetaria total (Millones de MX\$)                                                                                 | \$11.24             | \$46.17              | \$57.41                               |                                     | 203.16                                                       | 28.3%          |
| Total de jornales al año                                                                                                    | 35,629              | 139,404              | 175,033                               |                                     | 511,833                                                      | 34.2%          |
| Número de empleos permanentes/año (1 empleo permanente = 6 jornadas/semana por 48 semanas al año)                           | 124                 | 484                  | 608                                   |                                     | 1,777                                                        | 34.2%          |
| Inversión de capital (Millones de MX\$)                                                                                     | \$16.02             | \$53.86              | \$69.87                               |                                     | \$178.50                                                     | 39.1%          |

Fuente: Elaboración propia, con base en cifras de la SAGARPA (2014)

Respecto de la lámina de riego se calcula que en promedio tanto a nivel distrital como municipal es de 1.20m, sin embargo a pesar de tenerse la misma lámina de riego se tiene una diferente eficiencia de conducción, mientras a nivel distrital en promedio se tiene una eficiencia de conducción del 71% a nivel municipal se tiene una de 61%, desglosado en 82% en nogal de bombeo y 57% en nogal de gravedad. Con esos datos se calculó el volumen de agua empleado por hectárea, observándose que a nivel distrital se emplearon un total de 16,969 m<sup>3</sup> por hectárea, por lo que de acuerdo con los cálculos de la superficie se emplearon un total de 121.01 hm<sup>3</sup>, mientras que en el municipio de San Pedro se emplearon un total de 19,761 m<sup>3</sup> por hectárea, por lo que de acuerdo con los cálculos, el superficie de nogal pecanera empleó un total de 48.39 hm<sup>3</sup> (7.21 hm<sup>3</sup> en el nogal de bombeo y 41.18 hm<sup>3</sup> en el nogal de gravedad).

A nivel regional se observa que la ganancia a nivel distrital fue de \$203.16 millones de pesos, de los cuales el municipio de San Pedro aportó \$57.41 millones de pesos (\$11.24 millones en el nogal de bombeo y \$46.18 millones en el nogal de gravedad), lo que indica que la ganancia monetaria a nivel municipal representó el 40% de la ganancia a nivel regional. Asimismo el Tabla, 1, indica que el número de jornales a nivel distrital para la producción de nogal pecanero fue de 511,833 jornales, de los cuales el municipio de San Pedro aportó 175,033 jornales (35,629 jornales en nogal de bombeo, y 139,404 jornales en nogal de gravedad), lo que representa el 34.2% de los jornales a nivel regional. De acuerdo con el número de jornales empleados, se calcula que el número de empleos permanentes 1,777 empleos permanentes, de los cuales el municipio de San Pedro, Coahuila generó 608 empleos permanentes (124 en nogal bajo riego por bombeo y 484 en nogal bajo riego por gravedad), lo que indica que el municipio de San Pedro, Coahuila generó el 34.2% del empleo que se generó a nivel regional por la producción de nogal pecanero.

Asimismo la Tabla 7 indica que la inversión que se tuvo que realizar para lograr obtener una ganancia regional de \$203.16 millones de pesos fue \$178.50 millones de pesos, mientras que en el municipio de San Pedro se tuvieron que invertir \$69.87 millones de pesos (\$16.02 millones de pesos en el nogal de bombeo y \$53.86 millones de pesos en el nogal de gravedad), lo que indica que el municipio de San Pedro, Coahuila invirtió el 39.1% de la inversión regional.

### 7.2.2 Productividad del suelo

El Tabla 7.1 contiene los indicadores de la productividad del suelo, el agua, el capital y de la fuerza laboral. La productividad del suelo fue medida como ton ha<sup>-1</sup>, ingreso bruto (MX\$) ha<sup>-1</sup> y ganancia neta (MX\$ ha<sup>-1</sup>). Los indicadores de eficiencia y productividad del agua fueron quienes evaluaron la huella hídrica, en sus tres formas: física (m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> y kg m<sup>-3</sup>), económica (bajo diversas formas, destacándose \$MX de ganancia neta m<sup>-3</sup>) y social (Empleo generado hm<sup>-3</sup>).

La productividad del capital fue evaluada solo en su forma social, en tanto ya se le discutió en su forma de rentabilidad, así, se le midió como Empleos generados por cada millón de dólares invertidos. La productividad laboral fue medida bajo la forma de kg de nuez producida por trabajador, kg de nuez producida por hora de trabajo y horas de trabajo invertidas por tonelada de nuez producida.

**Tabla 7.1** Indicadores de productividad del suelo, del agua, del capital y de la fuerza laboral en la producción del cultivo de Nogal pecanero en el municipio de San Pedro, Coahuila. Cifras monetarias en pesos mexicanos nominales

| Variable macroeconómicas          | San Pedro, Coahuila.                                  |                      |                                     | D) Nogal promedio en La Comarca Lagunera (bombeo + gravedad) | E = C / D (en base 1) |       |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|
|                                   | A) Nogal de bombeo                                    | B) Nogal de gravedad | C) Promedio de ambos tipos de riego |                                                              |                       |       |
| Productividad del Suelo:          |                                                       |                      |                                     |                                                              |                       |       |
| Rendimiento físico "RF"           | ton ha <sup>-1</sup>                                  | 1.30                 | 1.20                                | 1.22                                                         | 1.28                  | 0.95  |
| Rendimiento monetario (US\$)      | Ingreso ha <sup>-1</sup>                              | \$55,292             | \$51,139                            | \$51,975                                                     | \$53,521              | 0.97  |
| Rendimiento monetario (US\$)      | Ganancia ha <sup>-1</sup>                             | \$22,802             | \$23,605                            | \$23,443                                                     | \$28,490              | 0.82  |
| Productividad del agua:           |                                                       |                      |                                     |                                                              |                       |       |
| Productividad física              | kg m <sup>3</sup>                                     | 0.089                | 0.057                               | 0.062                                                        | 0.075                 | 0.82  |
| Eficiencia física                 | m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup>                       | 11.27                | 17.53                               | 16.19                                                        | 13.25                 | 1.22  |
| Productividad económica           | MX\$ de ganancia hm <sup>3</sup>                      | \$1,558,136          | \$1,121,215                         | \$1,186,353                                                  | \$1,678,912           | 0.71  |
| Productividad social del agua     | Empleo hm <sup>-3</sup>                               | 17.1                 | 11.8                                | 12.6                                                         | 14.7                  | 0.86  |
| Precio del agua                   | MX\$ m <sup>3</sup>                                   | \$0.24               | \$0.07                              | \$0.09                                                       | \$0.19                | 0.50  |
| Productividad del capital:        |                                                       |                      |                                     |                                                              |                       |       |
| RB/C                              |                                                       | 1.702                | 1.857                               | 1.822                                                        | 2.138                 | 0.85  |
| Productividad social del capital  | Empleo/1 millón de pesos invertidos                   | 7.7                  | 9.0                                 | 8.7                                                          | 10.0                  | 0.87  |
| Punto de equilibrio               | ton ha <sup>-1</sup>                                  | 0.76                 | 0.65                                | 0.67                                                         | 0.60                  | 1.12  |
| Vulnerabilidad crediticia=RF/Peq. | >1 no vulnerable; < 1 vulnerable a no obtener crédito | 1.70                 | 1.86                                | 1.82                                                         | 2.14                  | 0.85  |
| Productividad laboral:            |                                                       |                      |                                     |                                                              |                       |       |
| Trabajo por ha                    | Jornadas/ha                                           | 72.27                | 71.27                               | 71.47                                                        | 71.78                 | 0.996 |
| Trabajo por ha                    | Horas/ha                                              | 578.2                | 570.2                               | 571.8                                                        | 574.2                 | 0.996 |
| Horas de trabajo por ton          | h ton <sup>-1</sup>                                   | 445                  | 475                                 | 469                                                          | 448                   | 1.04  |
| Kilogramos por hora               | kg h <sup>-1</sup>                                    | 2.25                 | 2.11                                | 2.13                                                         | 2.23                  | 0.96  |
| Ganancia por jornada              | MX\$ jornada <sup>-1</sup>                            | \$315.5              | \$331.2                             | \$328.0                                                      | \$396.9               | 0.83  |
| Ganancia por hora                 | MX\$ hora <sup>-1</sup>                               | \$39.44              | \$41.40                             | \$41.00                                                      | \$49.62               | 0.83  |

Fuente: Elaboración propia

En relación a la ganancia neta, esto es, al ingreso bruto menos el costo que ya incluye depreciación de maquinaria y equipo así como renta del suelo, se determinó que está oscilo de los MX\$22,802 ha<sup>-1</sup> en el nogal de bombeo, hasta los MX\$23, 605 ha<sup>-1</sup> en el nogal bajo riego por gravedad, mientras que la ganancia neta obtenida a nivel distrital fue de MX\$28, 490 ha<sup>-1</sup>, lo que indica que la ganancia neta del municipio de Nazas, Durango fue 18% inferior a la determinada a nivel distrital (ver Tabla 2).

### 7.2.3 Indicadores de la huella hídrica física, económica y social

Los indicadores de productividad y eficiencia mediante los cuales se evaluó a la huella hídrica, muestran en la Tabla 7.1. En esa fuente se observa que la productividad física del municipio de San Pedro en promedio fue de 0.062 kg m<sup>-3</sup> (oscilando de 0.089 kg m<sup>-3</sup> en nogal de bombeo a 0.057 kg m<sup>-3</sup> en nogal de gravedad), mientras que a nivel distrital el indicador fue 0.075 kg m<sup>-3</sup>, lo que indica que la productividad física determinada en el municipio de San Pedro, Coahuila fue 18% inferior en comparación a la productividad promedio del Distrito de Riego 017.

Visto desde otro ángulo, en el municipio de San Pedro, Coahuila se requirieron un total de 16.19  $\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$  de nuez (11.27  $\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$  en riego por bombeo y 17.53  $\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$  en riego por gravedad), mientras que a nivel Distrito de Riego, el indicador fue 13.25  $\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$  de nuez, lo que indica que la productividad física medida en su forma  $\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$  del municipio de San Pedro fue menor en relación al distrital, toda vez que empleo el 22% más agua de la que se empleó a nivel distrital para obtener la misma cantidad de producto físico.

Estos datos nos indican la gran cantidad de agua que requiere el nogal para transformarla en nuez, lo que nos muestra la importancia que tiene la determinación de este tipo de indicadores. El uso eficiente del agua es uno de los índices más ampliamente empleados en una gran variedad de cultivos en España (García *et al.*, 2013), sin embargo en México existe muy poca información y en algunos cultivos nula información al respecto.

La segunda forma de evaluar a la huella hídrica fue como un indicador de eficiencia en su aspecto económico, como litros de agua irrigada por MX\$ de ganancia bruta producida, de esa forma, el Tabla 2 muestra que a nivel de agregación general, para el municipio de San Pedro, se observó en principio que la relación entre volumen de agua irrigado y la ganancia bruta generada fue positivo, de MX\$1, 186, 353 por hectómetro empleado en el riego (MX\$1, 558, 136  $\text{hm}^{-3}$  en nogal de riego bombeo y MX\$1, 121, 215  $\text{hm}^{-3}$  en nogal de riego por gravedad), mientras a nivel Distrito de Riego se obtuvieron MX\$1, 678, 912  $\text{hm}^{-3}$ , lo que indica que la ganancia bruta generada por hectómetro cúbico empleado en el riego de nogal fue menor en el municipio San Pedro, al generar 29% menos ganancia que la generada a nivel distrital.

Finalmente como otra forma de productividad se determinó la huella hídrica en su forma social, medida bajo la forma de empleos generados por cada  $\text{hm}^3$  de agua usada en el riego, a este respecto el Tabla 2 señala que al emplearse distintas cantidades de jornales por hectárea 72.27 jornales  $\text{ha}^{-1}$  en bombeo, 71.27 en gravedad y 71.44 a nivel distrital, así como por tener diferente superficie en producción la cantidad de empleo por hectómetro cúbico de agua empleada en el riego del nogal fue muy diferente. A nivel del municipio de San Pedro, Coahuila en promedio se generaron 12.6 empleos  $\text{hm}^{-3}$  (17.1 empleos  $\text{hm}^{-3}$  en nogal irrigado por bombeo y 11.8 empleos  $\text{hm}^{-3}$  en nogal irrigado por gravedad), mientras que a nivel Distrito de Riego se generaron 14.7 empleos  $\text{hm}^{-3}$ , lo que indica que en términos sociales el municipio de San Pedro fue menos productivo socialmente al generar 11% menos empleo que el generado a nivel Distrito de Riego 017.

Sin embargo es importante mencionar que este indicador es alto en relación a otros cultivos como los forrajes que emplean menos mano de obra durante sus procesos productivos, mientras que las hortalizas y los frutales obtienen un indicador de este tipo elevado. En este sentido, García, López, Usai y Visani (2013) determinaron un índice que oscilo entre 24 - 62 empleos  $\text{hm}^{-3}$  en la producción de hortalizas y frutales, mientras que la producción de cultivos en invernadero generan hasta 190 empleos  $\text{hm}^{-3}$ , asimismo Ríos *et al.*, (2015) determinaron un promedio para cultivos forrajeros en la Comarca Lagunera de 0.048 empleos  $\text{hm}^{-3}$ , con el que se muestra la importancia social que tiene la producción de nogal pecanero para el Distrito de Riego 017 y para el municipio de San Pedro, Coahuila en particular.

En el Tabla 7, se observa que los conceptos asociados al riego en tanto en el municipio de Nazas como en el DR017 fueron bajos en términos relativos al representar 17% y 7% del costo de producción, de allí que en el análisis del costo por metro cúbico de agua para riego del cultivo indica que este valor fue bajo MN\$0.09  $\text{m}^3$  en promedio para el municipio de San Pedro, Coahuila (MN\$0.24  $\text{m}^3$  en riego por bombeo, MN\$0.07  $\text{m}^3$  en nogal de gravedad), mientras que a nivel Distrito de Riego, el precio determinado del agua de riego fue MN\$0.19  $\text{m}^3$ .

Inicialmente estos precios nos indican que el precio del agua en el municipio de San Pedro fue representa el 50% del precio pagado a nivel distrital, pero también nos indica que los precios muy bajos comparados con el precio del agua en otras regiones agrícolas del mundo. Según cifras de Gleick (2000), agricultores de Estados Unidos pagan US\$0.05 m<sup>3</sup> empleado en el riego, mientras que el sector público paga US\$0.30 m<sup>3</sup> -US\$0.80 m<sup>3</sup> de agua tratada para uso personal.

De acuerdo con Takele y Kallenbach (2001), los precios del agua son importantes para la mejora de la demanda y de la conservación de este recurso sin embargo a nivel mundial también existen ejemplos de que el recurso no se valora como recurso finito. Murphy (2003), determinó que los agricultores del Distrito de Riego en el Valle Imperial de California pagan solamente US\$15.50 por 1,200 m<sup>3</sup> (es decir; US\$ 0.012 m<sup>3</sup>), mientras que Ríos *et al.*, (2015), determinaron un precio promedio de US\$0.02 m<sup>3</sup> para cultivos forrajeros producidos en el Distrito de Riego 017, mientras que en el Valle de Mexicali, se determinó un precio promedio del agua de riego igual a \$0.19 m<sup>3</sup> (Ríos *et al.*, 2016).

#### 7.2.4 Productividad del capital

La productividad del capital puede ser visualizada desde diferentes ángulos, en este trabajo se la evaluó solamente como rentabilidad y productividad social. La rentabilidad, de acuerdo con el Tabla 2 se midió como la RB/C, ya analizada en el apartado 5.2, queda ahora por analizarle desde el punto de vista de la productividad social del capital, vista primeramente como un índice de productividad social del capital, específicamente bajo la forma de la cantidad de empleos generados por cada millón de MX\$ invertidos en la producción así como y enseguida como un índice de eficiencia social del capital, bajo la forma de la cantidad de MX\$ invertidos por empleo.

La Tabla 7.1 muestra que el invertir un millón de MX\$ en la producción de nogal pecanero, generó diferente cantidad de empleos en cada uno de los dos tipos de riego, mientras a nivel municipal se generaron 8.7 empleos por cada millón de pesos invertido en la producción de nogal, desglosando esas cifras se observa que en el riego por bombeo se generaron 7.7 empleos, y en el riego por gravedad se generaron 9.0 empleos por cada millón de pesos invertido en la producción de nogal, mientras que a nivel Distrito de Riego 017 se generaron 10 empleos por cada millón de pesos que se invirtieron en esa rama productiva. En términos relativos el municipio de San Pedro generó solamente el 87% del empleo que se generó a nivel distrital empleando la misma cantidad de inversión.

Por otro lado, bajo las mismas condiciones de cultivo, así como de mercado la cantidad mínima que se requiere producir de nuez en promedio para tener una operación viable (punto de equilibrio) fue de 0.67 ton ha<sup>-1</sup> en promedio para el municipio de San Pedro, (0.76 ton ha<sup>-1</sup> en nogal irrigado por bombeo y 0.65 ton ha<sup>-1</sup> en nogal irrigado por gravedad) mientras en huertos en promedio del Distrito de Riego 017 se obtuvo un punto de equilibrio de 0.60 ton ha<sup>-1</sup>, por lo que tomando en cuenta los rendimientos obtenidos, se observa que tanto a nivel municipal como regional, cubren el punto de equilibrio, lo que indica que los huertos son rentables tanto a nivel municipal como a nivel regional. 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 bajo riego por bombeo tuvieron un indicador igual a 1.70, lo cual garantiza la devolución de todo crédito, mientras que los huertos bajo riego por gravedad tuvieron un indicador de 1.86, el indicador a nivel municipal fue 1.82, mientras que los huertos a nivel distrital tuvieron un índice igual a 2.14, ahora bien, aunque los dos niveles tecnológicos (riego por bombeo y riego por gravedad) 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 (Tabla, 7.1).

### 7.2.5 Productividad del trabajo

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. La parte inferior del Tabla 7.1 contiene los números índice que evalúan la productividad de la fuerza laboral. Los resultados indican que a nivel municipal se invirtieron un total de 571.8 horas por tonelada de nuez ( $578.2 \text{ h ton}^{-1}$  en el nogal irrigado por bombeo y  $570.2 \text{ h ton}^{-1}$  en el nogal irrigado por gravedad), mientras que a nivel distrital se emplearon un total de  $574 \text{ h ton}^{-1}$  de nuez, lo que indica que la producción de nuez del municipio de San Pedro es menos productiva, toda vez que empleo más cantidad de horas de trabajo para producir una tonelada de producto. Visto de otra forma a nivel municipal, en el municipio de San Pedro se generaron  $2.13 \text{ kg h}^{-1}$ , desglosados en  $2.25 \text{ kg h}^{-1}$  en el nogal irrigado por bombeo y  $2.11 \text{ kg h}^{-1}$  en el nogal irrigado por gravedad, mientras que a nivel Distrito de Riego se generaron  $2.23 \text{ kg h}^{-1}$ , lo que reafirma lo asentado en el párrafo anterior, en sentido de que los huertos de nogal del municipio de San Pedro, Coahuila fue menos productivos al generar 4% (el indicador fue 0.96) menos producto en relación generado a nivel distrital.

Se determinó que en promedio los trabajadores adscritos a la producción de nogal en el municipio de San Pedro, Coahuila, generaron una ganancia de MX\$328 por jornada de trabajada, desglosada en MX\$315 jornada<sup>-1</sup> en nogal irrigado por bombeo y MX\$331.2 jornada<sup>-1</sup> en nogal irrigado por gravedad, mientras que a nivel distrital la ganancia obtenida fue de MX\$396.9 jornada<sup>-1</sup>, lo que indica que la producción de nogal en el municipio de San Pedro, Coahuila en términos de productividad laboral fue menor a la obtenida a nivel regional, ya que la jornada de trabajo invertida en el municipio de San Pedro generó 17% menos ganancia en comparación a la generada a nivel distrital.

Visto de otra forma, mientras a nivel municipal se generaron MX\$41 por hora de trabajo ( $\text{MX\$}39.44 \text{ h}^{-1}$  en nogal irrigado por bombeo y  $\text{MX\$}41.40 \text{ h}^{-1}$  en nogal irrigado por gravedad), mientras a nivel del Distrito de Riego 017 se produjo una ganancia de  $\text{MX\$}49.62 \text{ h}^{-1}$ , lo que indica que el municipio de San Pedro, Coahuila fue menos productivo en relación al Distrito de Riego 017, al generar 17% menos de ganancia por hora de trabajo invertida en relación a la obtenida a nivel Distrito de Riego.

### 7.3 Conclusiones

Se concluye que la eficiencia y productividad del cultivo de nogal pecanero producido a nivel Distrito de Riego 017 fue superior a la determinada en el municipio de San Pedro, Coahuila.

### 7.4 Referencias

Cai, X., & Rosegrant, M. W. (2003). World Water Productivity: Current Situation and Future Options. In Kijne, J.W., Barker, R., & Molden, D. (Eds.), *Water productivity in agriculture: Limits and Opportunities for Improvement* (pp 179-198) International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, CABI Publication, Wallingford, UK.

Dorward, A. (2013). Agricultural labour productivity, food prices and sustainable development impacts and indicators. *Food Policy*, 39 (1), 40-50

FAO. (2002). Value of virtual water in food: Principles and virtues. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/nr/water/docs/VirtualWater.pdf> (Consulta 04 febrero del 2016).

- García, J. G., López, F. C., Usai, D., and Visani, C. (2013). Economic Assessment and Socio-Economic Evaluation of Water Use Efficiency in Artichoke Cultivation. *Open Journal of Accounting* 2 (2), 45-52.
- Gleick. (2000). *The World's Water, 2000-2001: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington, DC. Islan Press, 2000. 335p.
- Hoekstra A.Y., y Chapagain A.K. (2004). *Water Footprints of Nations*. UNESCO-IHE. Institute for Water Education. Value of Water. Research Report Series. Serie 16. Volume 1. Appendices. Netherlands.
- Hoekstra, A. Y; P. Q. Hung. (2005). Globalization of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change* 15, 45–56.
- Kijne, J. W. Barker, R. and 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.
- Murphy D.E. (2003). In a first, U.S. puts limits on California's thirst. *New York Times*, 5 January. 1- 16 p.
- Pasquale S; T. C. Hsiao; y E. Fereres. (2007). On the conservative behavior of biomass water productivity. *Water productivity: Science and Practice. Irrig Sci*, 25, 189–207.
- Ríos, F. J. L., Torres, M. M., Castro, F. R., Torres, M. M. A., Ruiz, T. J. 2015. Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera, México. *Revista Facultad Ciencias Agronómicas UNCUYO* 47(1), 93-107.
- Ríos, F. J. L., Torres, M. M., Ruiz, T. J. y Torres, M. M. A. (2016). Eficiencia y productividad del agua de riego en trigo (*Triticum vulgare*) de Ensenada y Valle de Mexicali, Baja California, México. *Acta Universitaria*, 26(1), 20-29.
- Takele, E. and Kallenbach, R. (2001). Analysis of the Impact of Alfalfa Forage Production under Summer Water-Limiting Circumstances on Productivity, Agricultural and Growers Returns and Plant Stand. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 187 (1), 41-46.
- Wichelns, D. (2001). The role of 'virtual water' in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt. *Agricultural Water Management*, 49,131–151.