

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**PRODUCTIVIDAD AGRICOLA DEL AGUA, SUELO, CAPITAL Y TRABAJO EN EL  
CULTIVO DE NOGAL (*Carya illinoensis*) EN SAN PEDRO, COAHUILA**

**Por:**

**REYNAU CIFUENTES RODRIGUEZ**

**T E S I S**

**Presentada Como Requisito Parcial**

**para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**Torreón Coahuila México, junio del 2017**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO  
NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**PRODUCTIVIDAD AGRICOLA DEL AGUA, SUELO, CAPITAL Y TRABAJO EN EL  
CULTIVO DE NOGAL (*Carya illinoensis*) EN SAN PEDRO, COAHUILA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**REYNAU CIFUENTES RODRIGUEZ**

**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL DEL H. JURADO EXAMINADOR,  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE:**

*Federico Vega Sotelo*

**M.C. Federico Vega Sotelo**

**VOCAL:**

*José Luis Ríos Flores*

**Dr. José Luis Ríos Flores**

**VOCAL:**

*Edgardo Cervantes Álvarez*

**Ing. Edgardo Cervantes Álvarez**

**VOCAL:**

*Alfredo Ogaz*

**Dr. Alfredo Ogaz**

**M.E. VICTOR MARTINEZ CUETO**



**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**Torreón Coahuila México, junio del 2017.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO  
NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**PRODUCTIVIDAD AGRICOLA DEL AGUA, SUELO, CAPITAL Y TRABAJO EN EL  
CULTIVO DE NOGAL (*Carya illinoensis*) EN SAN PEDRO, COAHUILA**

**POR:**

**REYNAU CIFUENTES RODRIGUEZ**

**SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR**

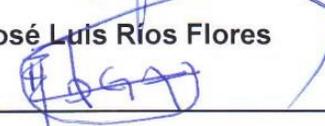
**ASESOR PRINCIPAL**

  
M.C. Federico Vega Sotelo

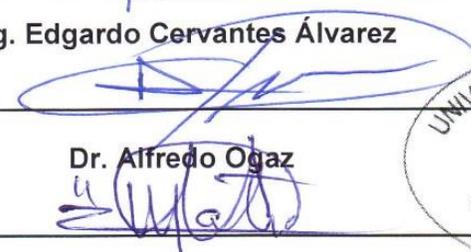
**ASESOR**

  
Dr. José Luis Ríos Flores

**ASESOR**

  
Ing. Edgardo Cervantes Álvarez

**ASESOR**

  
Dr. Alfredo Ogaz

**M.E. VICTOR MARTINEZ CUETO**



**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**Torreón Coahuila México, junio del 2017.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A MI GRAN DIOS, POR HABERME DADO LA PASCENCIA, EL VALOR, LA FORTALEZA Y BENDICION PARA LOGRAR LO CONCEDIDO.

A MIS PADRES, POR LA VIDA, EDUCACION Y SUS GRA APOYO MORAL.

A MI ESPOSA POR SOPORTAR CADA SITUACION; Y DARME SU AMOR Y APOYO ICONDICIONALMENTE.

A MIS AMIGOS, POR SUS CONSEJOS, APOYOS MORALES Y ECONOMICOS.

AL DR. JOSE LUIS RIOS FLORES Y A MIS ASESORES POR OBTENER DE ELLOS EL APOYO INCONDICIONAL.

## **DEDICATORIAS**

A MIS PADRES: LORENZA RODRIGUEZ PEREZ

MERCEDES CIFUENTES SANCHES.

A TODOS MIS HERMANOS.

A MI GRAN AMIGO: PEDRO GOMEZ HERNANDEZ.

A LA FAMILIA: RAMIREZ HIDALGO.

A LA FAMILIA: MORALES ROBLERO.

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

|  |      |
|--|------|
| AGRADECIMIENTOS                                  | i    |
| DEDICATORIAS                                     | ii   |
| INDICE DE CONTENIDO                              | iii  |
| ÍNDICE DE CUADROS                                | v    |
| ÍNDICE DE FIGURAS                                | vi   |
| RESUMEN  | vii  |
| SUMMARY  | viii |
| I. INTRODUCCIÓN                                  | 1    |
| II. PROBLEMA A TRATAR, OBJETIVOS E HIPÓTESIS     | 3    |
| 2.1 Problema a tratar y Objetivo                 | 3    |
| 2.2 Hipótesis                                    | 3    |
| III. REVISIÓN DE LITERATURA                      | 5    |
| 3.1. El nogal en México                          | 5    |
| 3.2 Problemática del agua en la Comarca Lagunera | 9    |
| 3.3 Requerimientos hídricos del nogal            | 11   |
| IV. MATERIALES Y METODOS                         | 16   |
| 4.1 Localización del área de estudio             | 16   |
| 4.2 Fuentes de información                       | 17   |
| 4.3 Ecuaciones matemáticas empleadas y variables | 19   |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| V.    | RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----  | 24 |
| 5.1   | Costos de producción del cultivo de nogal pecanero en el municipio de San Pedro, Coahuila. Ciclo agrícola 2014. -----  | 24 |
| 5.2   | Producción, rentabilidad, demanda hídrica y empleo generado en la producción de nogal pecanero en el municipio de San Pedro, Coahuila.-----  | 25 |
| 5.3   | Indicadores de las huellas hídricas física, económica y social e indicadores de productividad del capital y del trabajo en la producción de nogal pecanero en el municipio de San Pedro, Coahuila. ----- | 30 |
| 5.3.1 | Productividad del suelo -----  | 31 |
| 5.3.2 | Indicadores de la huella hídrica física, económica y social.-----  | 33 |
| 5.3.3 | Productividad del capital-----   | 36 |
| 5.3.4 | Productividad del trabajo -----  | 37 |
| VI.   | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----   | 39 |
| 6.1   | Conclusiones -----   | 39 |
| 6.2   | Recomendaciones-----   | 40 |
| VII.  | LITERATURA CITADA-----   | 41 |

## ÍNDICE DE CUADROS

| <b>Núm.</b> | <b>Título</b>  | <b>Pág.</b> |
|-------------|--|-------------|
| <b>1</b>    | Costos de producción por hectárea en el cultivo de nogal ( <i>Carya illinoensis</i> ) en el DR-017 Comarca Lagunera  | <b>25</b>   |
| <b>2</b>    | Superficie, producción, valor de la producción, ingresos, costos, rentabilidad, agua usada y empleo en el cultivo de Nogal pecanero ( <i>Carya illinoensis</i> ) irrigado por gravedad y bombeo en el municipio de San Pedro, Coahuila en el DR-017 Comarca Lagunera, ciclo agrícola 2014. | <b>27</b>   |
| <b>3</b>    | Uso de los recursos agua, suelo y capital y los objetivos con ellos logrados en la producción de nogal en San Pedro, Coahuila.   | <b>30</b>   |
| <b>4</b>    | Indicadores de productividad del suelo, del agua, del capital y de la fuerza laboral en la producción del cultivo de Nogal pecanero ( <i>Carya illinoensis</i> ) en el municipio de San Pedro, Coahuila. Cifras monetarias en pesos mexicanos nominales.                                   | <b>32</b>   |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| No | Título   | Pág. |
|----|--|------|
| 1  | Indicadores básicos de la producción de nuez en México. Fuente SIAP (2015)               | 6    |
| 2  | Superficie cosechada, producción y valor de la producción del cultivo de nogal en México | 7    |
| 3  | Riego rodado tradicional empleado en alfalfa en la Comarca, Lagunera                     | 11   |
| 4  | Riego empleado en el cultivo del nogal en la Comarca, Lagunera                           | 13   |
| 5  | Ubicación del municipio de San Pedro, Coahuila. Fuente (INEGI, 2015)                     | 16   |

## RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo determinar la productividad del suelo, agua, capital y la fuerza laboral en el cultivo de nogal pecanero (*Carya illinoensis*) en el municipio de San Pedro, Coahuila, México, producido bajo condiciones de riego por bombeo y gravedad y posteriormente compararlos con los obtenidos a nivel Distrito de Riego 017. Los resultados indican que la productividad del agua en términos físicos al comparar al municipio de San Pedro con el DR017 fue de  $0.062 \text{ kg m}^{-3}$  versus  $0.075 \text{ kg m}^{-3}$ , indicando que el municipio de Nazas fue 18% menos productivo en el uso del agua. Asimismo, el nogal del municipio de San Pedro empleo  $16.19 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ , mientras en el DR017 se utilizaron  $13.25 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ . La productividad del suelo fue de  $1.22 \text{ ton ha}^{-1}$  en San Pedro y  $1.55 \text{ ton ha}^{-1}$  en el DR017, mientras la ganancia por hectárea fue MX\$23,443 en San Pedro y MX\$28,490 de ganancia en el DR017. Asimismo, un  $\text{hm}^3$  de agua generó 12.6 empleos en el municipio de San Pedro y 14.7 empleos en el DR017. Un millón de pesos produjo 8.7 empleos en el municipio de San Pedro y 10 empleos en el DR017. Una hora de trabajo produjo 2.13 kg de nuez en el municipio de San Pedro y 2.23 kg de nuez a nivel DR017, así como MX\$41.0  $\text{h}^{-1}$  y MX\$49.62  $\text{h}^{-1}$  de ganancia respectivamente.

**Palabras clave:** agua virtual, productividad del agua, nogal, huella hídrica.

## SUMMARY

This work aims to determine the productivity of soil, water, capital and workforce in the cultivation of Walnut Pecan (*Carya illinoensis*) in the municipality of San Pedro, Coahuila, Mexico, produced under conditions of irrigation by pumping and gravity and then compare them with those obtained at level Irrigation District 017. The results indicate that the productivity of water in physical to compare to the municipality of San Pedro 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% minor productive in the use of water. Also the pecan in the municipality of San Pedro employment  $16.19 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ , while in the DR017 were  $13.25 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ . The productivity of the soil was  $1.22 \text{ ton ha}^{-1}$  at San Pedro and  $1.55 \text{ ton ha}^{-1}$  in the DR017, while the gain per hectare was MX\$ 23, 443 in San Pedro and MX\$ 28,490 gain in the DR017. In addition, an  $\text{hm}^3$  of water generated 12.6 jobs in the municipality of San Pedro and 14.7 jobs in the DR017. One million of pesos generated 8.7 jobs in the municipality of San Pedro and 10 jobs in the DR017. One hour of work produced 2.13 kg of walnut in the municipality of San Pedro and 2.23 kg of walnut to DR017 level, as well as MX\$ 41  $\text{h}^{-1}$  and MX\$ 49.62 gain  $\text{h}^{-1}$  respectively.

**Keywords:** virtual water, water productivity, pecan, water footprint.

## I. 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)<sup>1</sup>, 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)<sup>2</sup>, 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)<sup>3</sup>, 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)<sup>4</sup>, menciona que la producción de nuez con cáscara en el caso de México utiliza 2,811 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> de agua por tonelada, la naranja 772 m<sup>3</sup> de agua por tonelada, las mandarinas, nectarinas y chabacanos 3,165 m<sup>3</sup> de agua por tonelada, mientras que la vid consume 601 m<sup>3</sup> de agua por tonelada, la sandía utiliza

---

236 m<sup>3</sup> de agua por tonelada y el melón 169 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de producto (Hoekstra y Chapagain, 2004)<sup>5</sup>.

De acuerdo con Hoekstra y Hung (2005)<sup>6</sup>, 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 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de nuez, al comparar contra los principales países productores de nuez de cáscara se observa que Australia utiliza 2,623 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de nuez, Argentina 1,702 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de nuez, Sudáfrica 2,759 m<sup>3</sup>/ tonelada, Perú 2,077 m<sup>3</sup>/ tonelada, Israel 949 m<sup>3</sup>/ tonelada, Brasil 2,087 m<sup>3</sup>/ tonelada, Egipto 2,122 m<sup>3</sup>/ tonelada y Estados Unidos 1,150 m<sup>3</sup>/ 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)<sup>7</sup>. El concepto de la productividad del agua fue establecido por Kijne *et al.* (2003)<sup>8</sup> 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.

---

## II. PROBLEMA A TRATAR, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 2.1 Problema a tratar y Objetivo

El *problema* en que se inserta este trabajo, es la escases del recurso agua dulce en el planeta, ya que apenas representa el 0.3% del total del agua en el mundo, 97.5% es agua salada, y el restante 2.2% es agua dulce no disponible en forma de permafrost o hielos en los polos o aguas en extremo profundas, asimismo, que la agricultura es el principal usuario de la escasa agua dulce, pues consume el 80% de toda el agua dulce consumida en el mundo, finalmente, que la agricultura genera poco valor al usar el agua en relación a la industria, además de que se desconoce la huella hídrica, medida como índice de productividad del agua en el cultivo del nogal pecanero (*Carya illinoensis*) producido en San Pedro, Coahuila, municipio perteneciente al Distrito de Riego-017 Comarca Lagunera (DR-017), más aún, se desconoce su la productividad del capital y del trabajo invertido en ese cultivo. *objetivo* Determinar números índices que midiesen tanto la productividad del agua, así como la productividad del capital (en términos financieros y sociales) y la productividad del trabajo en San Pedro, Coahuila.

### 2.2 Hipótesis

**Primera hipótesis:** La *huella hídrica* ( $m^3 \text{ Kg}^{-1}$ ) ganancia producida *por*  $m^3$  de agua usada en el riego y la cantidad de empleos generados *por*  $\text{hm}^3$ ) es *inferior* a la huella hídrica promedio del cultivo de nuez en el DR-017

**Segunda hipótesis:** La *productividad del suelo* en el cultivo de nogal pecanero en el municipio de San Pedro, Coahuila, ( $\text{ton ha}^{-1}$  y ganancia  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente), es *superior* a la productividad del suelo promedio del cultivo de nuez en el DR-017.

**Tercera hipótesis:** La *productividad del capital* en el cultivo de nogal pecanero en el municipio de San Pedro, Coahuila, es *superior* a la productividad del capital promedio del cultivo de nuez en el DR-017.

**Cuarta hipótesis:** La *productividad del trabajo* en el cultivo de nogal pecanero en el municipio de San Pedro, Coahuila, (horas de trabajo invertidas por ton de nuez, así como la ganancia producida por jornada de trabajo) es *superior* a la productividad del trabajo promedio del cultivo de nuez en el DR-017.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. El nogal en México

Las áreas productoras de nuez alrededor del mundo se localizan principalmente entre los 25° y 35° de latitud norte y entre 25° y 35° latitud sur. El nogal pecanero es originario del sureste de los Estados Unidos de América y del Norte de México. En varios centros de origen de este frutal se encuentran numerosas áreas de formaciones nativas sujetas a aprovechamiento comercial (Ojeda *et al.*, 2003)<sup>9</sup>.

De acuerdo con el SIAP (2015)<sup>10</sup>, de las nueces que se producen en México, 97% son de la variedad Pecanera, cuyos huertos se extienden en 106 mil hectáreas distribuidas en 16 entidades federativas, de las cuales destaca Chihuahua, en la cual se cosechan 79 mil toneladas y participan agricultores de 37 municipios. Asimismo este Sistema de Información indica que en el ciclo agrícola 2014 se cosecharon un total de 75, 000 hectáreas de nogal pecanero, observándose un incremento del 3.8% en relación al año agrícola anterior, produciendo un total de 126, 000 toneladas de nuez.

El rendimiento promedio del ciclo agrícola 2014 fue de 1.7 ton ha<sup>-1</sup>, observándose que este tuvo un incremento importante respecto del año anterior al incrementar el rendimiento en 13.2%, debido a la alternancia que comúnmente se presenta en el nogal (Fig. 1). El valor de la producción del ciclo agrícola 2014 fue de 6, 174 millones de pesos, es decir 33.8% mayor en relación al ciclo agrícola 2013, dado que el precio medio rural por tonelada de producto se incrementó en 13.8% con respecto al 2013, al cotizarse en \$49, 090 pesos por tonelada de producto (SIAP, 2015)<sup>11</sup>.

---



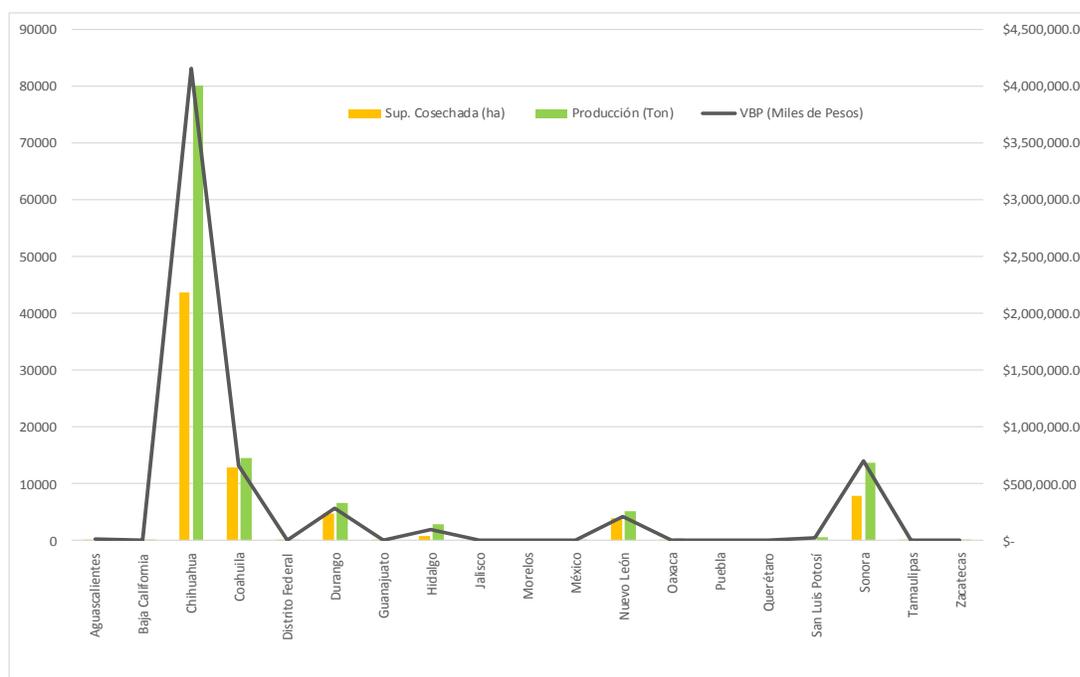
**Fig. 1. Indicadores básicos de la producción de nuez en México. Fuente SIAP (2015)**

Actualmente, la superficie cosechada del nogal pecanero se localiza primordialmente en el norte del país y prácticamente en su totalidad se encuentra establecido en las áreas de riego (gravedad y bombeo), donde la disponibilidad de agua asegura la producción del mismo, también se observan huertos en áreas marginales de temporal. De acuerdo con el SIAP (2014)<sup>12</sup>, la producción de nogal se realiza en 19 de los 32 estados de la República Mexicana, de los cuales los estados de Chihuahua, Coahuila, Sonora, Durango, Nuevo León e Hidalgo concentran el 98.55% de la superficie establecida.

En estas regiones se presentan características de clima y edáficas que permiten el desarrollo óptimo del cultivo como son: clima seco semiárido, veranos calientes, amplios períodos de crecimiento superiores a los 200 días libres de heladas, con altas acumulaciones de calor durante el periodo de desarrollo de la nuez y suelos de neutros

a alcalinos (Brison, 1976)<sup>13</sup>. En menor medida se tienen registradas plantaciones en otros 13 estados de la república con menor superficie plantada que representan 1.4% de la superficie establecida y el 2.3% de la producción.

De acuerdo con el SIAP (2015)<sup>14</sup>, durante el ciclo agrícola 2014 la producción de nuez se desarrolló en 19 de los 32 estados de la república, con un total de 108, 011.58 hectáreas de nogal establecidas y un total de 75, 349.40 hectáreas cosechadas. Desglosando esas cifras el estado de Chihuahua representó 58.1% de la superficie cosechada con 43, 800.30 hectáreas, seguido del estado de Coahuila con 17.1% de la superficie cosechada con 12, 894.06 hectáreas, mientras que en tercer lugar se ubica el estado de Sonora con el 10.6% de la superficie, Durango ocupa el 4º lugar con 6.3% de la superficie, Nuevo León ocupa el 5º sitio con el 5.3% de la superficie de nogal cosechada a nivel nacional (Fig. 2).



**Fig. 2. Superficie cosechada, producción y valor de la producción del cultivo de nogal en México**

En cuanto a la producción de nuez a nivel nacional durante el ciclo agrícola 2014 se produjeron un total de 125, 758.45 toneladas de nuez de las cuales el estado de Chihuahua ocupó el 1er lugar, al producir el 63.7% de nuez a nivel nacional, con un total de 80, 124.26 toneladas de nuez, el 2º lugar lo ocupa el estado de Coahuila con 14,644.07 toneladas, lo que representó el 11.6% de la producción nacional, el estado de Sonora ocupó 3º lugar con 13, 685.55 toneladas lo que representó el 10.9% de la producción nacional, Durango ocupó el 4º sitio con una producción de 6, 742.81 toneladas de nuez, lo que representó el 5.4% de la producción a nivel nacional, Nuevo León ocupó el 5º sitio con 5, 086.19 toneladas, misma que representaron el 4% de la producción de nuez a nivel nacional (SIAP, 2014) <sup>15</sup>.

Respecto del rendimiento, a nivel nacional el SIAP (2014)<sup>16</sup> reporta un promedio de 1.67 ton ha<sup>-1</sup>, observándose rendimientos elevados en estados como; San Luis Potosí 5.06 ton ha<sup>-1</sup>, Puebla 4.05 ton ha<sup>-1</sup>, Distrito Federal con 3.96 ton ha<sup>-1</sup>, Estado de México 3.78 ton ha<sup>-1</sup>, Hidalgo con 3.24 ton ha<sup>-1</sup>, Morelos 3.23 ton ha<sup>-1</sup>, en tanto que presentan climas templados con mayor presencia de horas frío, mismas que favorecen el rendimiento del cultivo del nogal, sin embargo las superficies que estos estados poseen es muy baja por lo que aun cuando los rendimientos son elevados no lograron incrementar el rendimiento promedio que tienen los principales estados productores; Chihuahua 1.83 ton ha<sup>-1</sup>, Sonora 1.72 ton ha<sup>-1</sup>, Coahuila 1.14 ton ha<sup>-1</sup>, Durango 1.42 ton ha<sup>-1</sup> y Nuevo León 1.28 ton ha<sup>-1</sup>.

Asimismo, durante ese ciclo agrícola el valor de la producción del cultivo de nogal generado fue de \$1, 443.70 miles de pesos, de los cuales el estado de Chihuahua aportó el 67.3% de ese valor, al generar \$4, 154, 455.75 miles de pesos, lo que indica que el estado de Chihuahua aporta aproximadamente 7 de cada 10 pesos generados por la producción de nogal. El estado de Sonora aportó el 11.4% del valor de la producción con \$704,784.18 miles de pesos, mientras que Coahuila aportó 655, 161.66 miles de pesos, lo que representó el 10.6% del valor de la producción, Durango aportó el 4.6% del valor de la producción con \$286, 539.61 miles de pesos, mientras el estado de

---

Nuevo León con un valor de la producción de \$210, 331.21 miles de pesos, represento el 3.4% del valor de la producción de nogal a nivel nacional (Fig. 2).

### **3.2 Problemática del agua en la Comarca Lagunera**

Muchas regiones del mundo han alcanzado el límite de aprovechamiento del agua, lo que ha originado una sobreexplotación de los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos, creando un fuerte impacto en el ambiente. En México, como en el mundo, la presencia del agua en la naturaleza es importante para mantener el equilibrio de los ecosistemas, en especial cuando se destina al consumo humano y las actividades productivas agrícolas e industriales. Sin embargo, mientras esas actividades crecen aceleradamente, un tema que preocupa a las autoridades mexicanas es el uso racional del recurso pues, debido a las prácticas inadecuadas de consumo, varias regiones hidrológicas del país sufren problemas de disponibilidad y contaminación (PNUMA, 2000)<sup>17</sup>.

La Comarca Lagunera (zona donde se localiza el Distrito de Riego 017) es una de las regiones de México donde el agua es un recurso cada vez más escaso, al grado de limitar la actividad económica. En el año 2002, la recarga y la extracción de aguas subterráneas de la región ascendieron a 875 y 1297 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>), respectivamente, lo cual generó una sobreexplotación del acuífero por 483 Mm<sup>3</sup> (CNA, 2002)<sup>18</sup>. Ante el deterioro ambiental que origina una sobreexplotación permanente, los gobiernos municipal, estatal y federal se han interesado, cada vez más, en estudiar la forma en que los diferentes sectores demandantes del recurso podrían hacer un uso más eficiente del agua. Los sectores que, ante una situación de baja disponibilidad, compiten por el uso del recurso; la agricultura (91.4%), el sector público urbano (5.2%), la ganadería (2.3%) y la industria (1.1%), del agua total disponible (CNA, 2002)<sup>19</sup>.

Las condiciones limitantes se han visto agravadas por la acción del hombre, en la medida en que se ha incurrido en una explotación intensiva del recurso que, combinado

---

con una falta de apego a la normatividad vigente de la política nacional de agua por parte de los Módulos de Riego, el Distrito de Riego 017 y la misma Comisión Nacional del Agua, ha conducido a la situación que, en la actualidad, presenta la disponibilidad del recurso en la región (CNA, 1998)<sup>20</sup>.

El diagnóstico del uso del agua en la agricultura de riego en la región es alarmante, se desperdicia más de la mitad del líquido en riego por deficiencias en la conducción y el aprovechamiento. En este distrito, las eficiencias de operación son muy bajas y alcanzan valores de 37%; las causas principales de esta baja eficiencia se relacionan con las características de la red de conducción y distribución del agua, que comprende 2433km de canales principales y secundarios, así como a la baja eficiencia de aplicación del riego parcelario. Por lo general, los volúmenes de agua aplicados a los cultivos exceden a sus requerimientos. Entre los cultivos de más baja eficiencia de uso del agua, destaca la alfalfa, ya que el volumen de agua aplicado al cultivo es de 2,919mm, cuando sólo se necesitan 1,850mm para cumplir con un ciclo anual de producción. Esta situación también se presenta en nogal, en el cual el uso de agua excede a los requerimientos en 33% (Levine *et al.*, 1998<sup>21</sup>; Fortis-Hernández *et al.*, 2002<sup>22</sup>).

---



**Fig. 3. Riego rodado tradicional empleado en alfalfa en la Comarca, Lagunera**

En el sector agrícola de la Comarca Lagunera existe una asignación técnica y económica ineficiente del agua. Aunque se tienen indicios sobre una futura crisis del agua en la región derivada de la escasez, el proceso de contaminación y los efectos del cambio climático, a la fecha, los hábitos de los usuarios no se han modificado sustancialmente para erradicar el desperdicio y lograr que la sociedad y el gobierno otorguen al agua el valor económico, cultural y estratégico que le corresponde. Fortis-Hernández y Ahlers (1999)<sup>23</sup> sostienen que, en el sector agrícola de la Comarca Lagunera, no existe, o no se paga, un precio que refleje la escasez o abundancia del recurso, y que el estado ha tomado la decisión deliberada de proveer de agua de riego a los agricultores a una tasa nominal, lo que agrava la situación.

### **3.3 Requerimientos hídricos del nogal**

El agua es el principal factor de manejo que permite alcanzar al nogal una alta calidad y producción de nuez. La disponibilidad del agua para el nogal está en función

---

<sup>23</sup> Fortis-Hernández, M. y R. Ahlers. 1999. Naturaleza y extensión del mercado de agua en el D.R. 017 de la Comarca Lagunera, México. Serie Latinoamericana 10. Instituto Internacional de Manejo del Agua. México, D. F.

de la cantidad y oportunidad con la que se suministra al suelo, por lo que si se desea que la producción de nuez sea sostenible a través de los años, se deberá mantener un nivel adecuado de agua que permita al árbol abastecerse de acuerdo con su demanda por etapa fenológica y tamaño de su copa. Los requerimientos hídricos del nogal se incrementan dramáticamente a medida que incrementa su tamaño. Además del tamaño del árbol, las prácticas culturales como la poda, el manejo del suelo de la huerta y la sanidad afectan el uso del agua. Los métodos de riego, contrario a lo que se cree en muchos de los casos, generalmente no cambian de manera importante el uso del agua por el árbol, pero sí afectan su eficiencia de distribución y en consecuencia el agua requerida para sostener una huerta (Godoy *et al.*, 2000)<sup>24</sup>.

El nogal es un cultivo que se caracteriza por tener una excelente adaptación a las condiciones climáticas del norte de México, comprendidas entre las 50 a 600 unidades frío y 3,000 o más de unidades calor, baja humedad ambiental y de precipitación. (Lagarda, 2007)<sup>25</sup>, por ello es que aquellos estados que tienden a presentar temperaturas más templadas tengan rendimientos por arriba de las 2.0 toneladas de nuez pecanera por hectárea, como es el caso de Hidalgo, Distrito Federal, Morelos, Edo de México y Jalisco, aun cuando la superficie plantada que agrupan es marginal. El cultivo requiere en promedio la aplicación de riego en las huertas de alrededor de 1.4m, implicando con ello la consiguiente tecnificación de los sistemas productivos con nuevos métodos de aplicación de agua y fertilizantes (fertiirrigación), labranza mínima, manejo de suelos y control integrado de plagas, con lo que se ha evolucionado al desarrollo de sistemas de producción de nuez muy competitivos (Lagarda, 2007)<sup>26</sup>.

---



**Fig. 4. Riego empleado en el cultivo del nogal en la Comarca, Lagunera**

En este sentido Ibarra *et al.*, (2012)<sup>27</sup>, mencionan que la mayoría de los estudios reportan una alta demanda hídrica en este cultivo, superior a los 1.10m anuales, lo cual incrementa la competencia por este recurso, agudizándose en períodos de sequía. Debido a que este cultivo requiere altas cantidades de agua para su producción, cada vez se pondrá en riesgo su permanencia dentro del patrón agrícola, adicionalmente su requerimiento hídrico es muy variable con rangos de 1.17 a 1.3m por año para los arboles adultos por lo que se considera un cultivo altamente demandante de agua.

En México según algunos cálculos cada año se emplean alrededor de 840 millones de metros cúbicos de agua para el riego de 60, 000 hectáreas (Godoy y Huitron, 1998)<sup>28</sup>. Adicionalmente Worthington *et al.*, (1992)<sup>29</sup> determinaron que de una evaluación realizada a un total de 500 huertas, 95% fueron regadas con agua del

---

subsuelo aplicada por inundación con eficiencia de 50%, lo que ocasiona que a nivel parcelario se utilicen altos volúmenes de agua, que en el nogal exceden en 40% los requerimientos hídricos.

El manejo del agua para el cultivo de nogal, es un factor que determina el comportamiento fisiológico denominado alternancia productiva que consiste en presentar rendimientos fluctuantes de un año a otro, lo que impacta en la productividad y calidad de la nuez. Cuando se presenta una deficiencia de agua, la primera función fisiológica afectada es el crecimiento celular, se inhibe el transporte de nutrientes, la fotosíntesis y la translocación de los fotosintatos dentro de la planta y, por consecuencia, se produce una disminución de brotes florales y finalmente una reducción en la cantidad y calidad de nuez (Herrera, 1990<sup>30</sup>; Godoy y López, 2000<sup>31</sup>; Godoy *et al.*, 2005<sup>32</sup>; Allan *et al.*, 2006<sup>33</sup>).

En las huertas del nogal pecanero del país, usualmente, la programación del riego se realiza con base al criterio del productor o para el mejor de los casos con base en un calendario fijo llamado receta de riego fundamentado en una lámina total anual dividida en ocho riegos durante el ciclo reproductivo del nogal (Godoy y López, 2000)<sup>34</sup>. Este modo de aplicar el riego no considera el desfase en el tiempo de las variables ambientales que se suscitan en el entorno del cultivo (Sammis *et al.*, 2004)<sup>35</sup>.

En general se estima que de la etapa de brotación hasta la etapa de madurez fisiológica, el nogal puede requerir de láminas de agua que oscilan de 0.90 m hasta 1.25 m, dependiendo de las condiciones ambientales y la edad de los árboles (Miyamoto, 1997)<sup>36</sup>. Sin embargo, existe una tendencia general a sobre irrigar. Algunos productores se basan en su experiencia de aplicación, frecuencia de riego y volúmenes, llegando a aplicar láminas de hasta 2.0 m. El mayor problema es que esta práctica no solo se observa en aquellas huertas con riego tradicional “rodado”, también es una práctica que

---

se desarrolla en huertas donde se tienen instalados sistemas de riego presurizados, lo que provoca no solo pérdidas de agua, sino también de nutrientes (Basso y Ritchie, 2005; Stein *et al.*, 1999<sup>37</sup>). En La Comarca Lagunera, la situación no es muy diferente, se reportan requerimientos hídricos que oscilan entre 1.30 m a 1.75 m de lámina de riego por año, llegando a disminuirse hasta 1.12 m con sistemas de riego presurizados (Huchin *et al.*, 2010)<sup>38</sup>.

Como ocurre en muchos otros países el sector agrícola es el que más agua emplea del total del agua disponible. Dado que la relación entre agua y superficie cultivada está sujeta a los requerimientos hídricos de cada cultivo, la estructura de cultivos por lo tanto determinara el consumo de agua necesario, así como la superficie potencial que puede ser sembrada en cada uno de los ciclos agrícolas (Salas, 2004)<sup>39</sup>.

La Comarca Lagunera es una región que presenta un panorama de prosperidad, anteriormente considerada el granero de México, actualmente gran estable lechero, centro de la industria maquiladora, que funge como nodo metropolitano con la infraestructura adecuada para articular la región centro-norte con la frontera de Estados Unidos. Sin embargo, este crecimiento económico ha tenido un costo. El uso del agua en la región ha producido una situación paradójica: por un lado se observa un gran crecimiento productivo frente a fuertes desequilibrios socioeconómicos; una vigorosa cultura del agua producto de interacciones complejas de diferentes intereses frente a un

Gran deterioro y contaminación de los recursos del acuífero, en función de estrategias productivistas (Salas, 2004)<sup>40</sup>.

---

## IV. MATERIALES Y METODOS

### 4.1 Localización del área de estudio

De acuerdo con el INEGI (2015)<sup>41</sup>, el municipio de San Pedro, Coahuila se ubica geográficamente entre los paralelos 25° 37' y 26° 39' de latitud norte; los meridianos 103° 15' y 101° 53' de longitud oeste; altitud entre 800 y 2,300 msnm (Fig. 5).

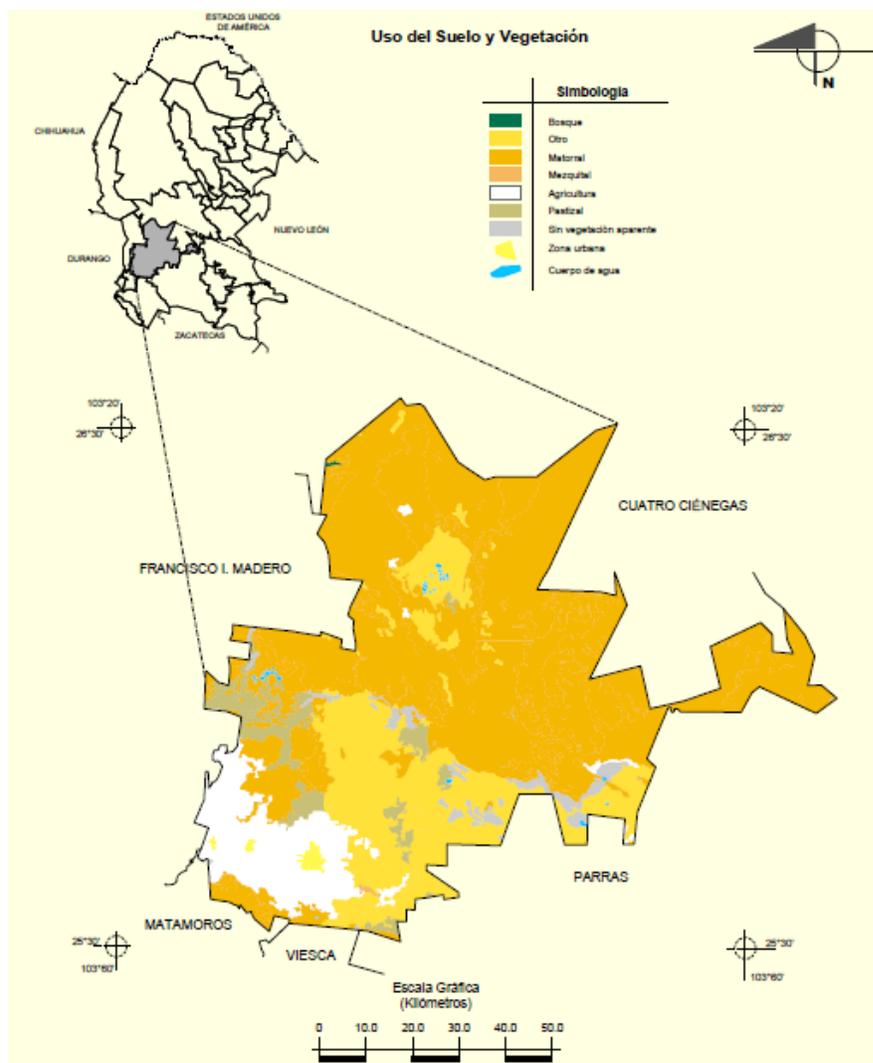


Fig. 5. Ubicación del municipio de San Pedro, Coahuila. Fuente (INEGI, 2015)<sup>42</sup>.

Colinda al norte con el municipio de Cuatro Ciénegas; al este con los municipios de Cuatro Ciénegas y Parras; al sur con los municipios de Parras, Viesca y Matamoros; al oeste con el municipio de Francisco I. Madero. Ocupa el 4.7% de la superficie del estado. La temperatura promedio oscila entre los 14–22°C, la precipitación varía de los 100-500 mm. El clima se clasifica como; Muy seco semicálido (91%), Seco semicálido (5%), Seco templado (3%) y Semiseco templado (1%). Se seleccionó al municipio de San Pedro, Coahuila por ser uno de los municipios más importantes en la producción de nuez en el DR-017. San Pedro, Coahuila., Cuenta con 346 localidades y una población total de 44 715 habitantes (Fig. 5).

## 4.2 Fuentes de información

Se utilizó la base de datos del SIAP (Sistema Información Agroalimentario y Pesquero) ciclo agrícola 2013, empleándose de esa fuente datos de superficie cosechada (ha), producción física anual (ton), Valor Bruto de la Producción (VBP, en \$ miles de pesos), con ellos se generaron los datos de rendimiento físico “RF” anual (ton ha<sup>-1</sup>), precios medios rurales (\$ nominales ton<sup>-1</sup>), y rendimiento monetario “RM” por hectárea (\$ nominales ha<sup>-1</sup>).

Los costos de producción por hectárea “C” se tomaron de los anuarios estadísticos de la producción agropecuaria de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Así, al RM se le restó “C” y se obtuvo la ganancia por ha. Así, se determinó la rentabilidad del cultivo usando la fórmula de la Relación Beneficio-Costo “RB/C”, esto es:  $RB/C = RM/C$ .

El volumen “V” de agua usado en una hectárea por el cultivo se obtuvo multiplicando la *precipitación anual promedio* por 10,000 (los m<sup>2</sup> de una ha), y para obtener todo el volumen de agua usado en toda la superficie cosechada, se multiplicó “V” por la superficie cosechada.

Se definió *un empleo* como el equivalente a la cantidad de jornadas que un ser humano promedio realiza en un año en condiciones promedio. De esa manera, se supuso que se trabajaba una jornada por día (entendiendo que una jornada son ocho

horas de trabajo) durante seis días a la semana por 48 semanas al año, es decir: 6 jornadas por 48 semanas = 288 jornadas = 1 empleo. Así, para obtener el número de empleos se multiplicó el total de jornales por ha que se invierten normalmente en el cultivo por la superficie cosechada, eso arrojó el total de jornadas que en un año se generaron, luego se le dividió entre 288 para obtener así el número de empleos generados.

### 4.3 Ecuaciones matemáticas empleadas y variables

1) De productividad del suelo, de dominio general:

a) 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:

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

2) De la productividad del capital invertido:

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

$$RM = RF * p$$

Donde;

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

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

$$gb = RM - CO$$

Donde;

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

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

$$gn = RM - CN$$

Donde:

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

- e) 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:

$$RB/C = \frac{RM}{CN}$$

- f) Productividad **social** del capital “Empleos MMX\$<sup>-1</sup>”, medido como la cantidad de empleos generados por cada millón de pesos invertidos en la producción, determinado por la ecuación:

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

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:

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

3) De la Huella Hídrica:

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

$$\text{kg m}^{-3} = \frac{RF}{V} = \frac{RF}{10,000LR} = 0.0001RF(LR)^{-1}$$

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>.

f) 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:

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

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:

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

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:

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

Donde:

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

f) 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:

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

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

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

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.

3) De la productividad de la fuerza laboral:

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

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

Donde:

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

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

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

Donde:

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

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

$$h \text{ ton}^{-1} = 8 \frac{J}{RF}$$

Donde:

RF debe estar en ton por hectárea.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Costos de producción del cultivo de nogal pecanero en el municipio de San Pedro, Coahuila. Ciclo agrícola 2014.

A nivel del costo por hectárea, se determinó que los costos totales por hectárea en ambos tipos de riego son relativamente similares, el del riego gravedad con \$27, 534 ha<sup>-1</sup>, equivale al 84.74% de los \$32, 490 ha<sup>-1</sup> correspondientes al nogal producido en riego por bombeo. Es importante mencionar que en este costo de producción se incluyeron los costos de operación, de seguro agrícola, renta de suelo, y depreciación de la maquinaria que no incluyen los costos de producción de la SAGARPA.

En base a las cifras de la SAGARPA se observa que el costo de producción del nogal pecanero producido bajo riego por bombeo fue de \$24,951 por hectárea, mientras en el nogal producido en riego por gravedad el costo fue de \$20,399 por hectárea, denotando una gran similitud en cuanto a costos de producción. Al desglosar esas cifras se observa que en el nogal producido en riego por bombeo el rubro que más represento dentro de los costos de producción fue el de labores culturales con 27%, seguido del riego y drenaje con 17%, el costo del agua de riego y la cosecha representaron 14% cada uno, los gastos diversos representaron el 12%, la plantación representó el 9%, mientras que el control de plagas y enfermedades represento solamente el 6% del costo.

Por otro lado, el desglose por rubros del costo de producción del nogal pecanero producido en gravedad indica que el concepto que más representó fue labores culturales con 32%, seguido de la cosecha con 17%, los gastos diversos representaron 13%, mientras que la plantación, así como riego y drenaje con 11% cada una el costo de plagas y enfermedades representó el 8% del total y el costo del agua represento solamente el 7% del total.

La renta del suelo es coincidente en ambos con \$4000 ha, aunque con diferente peso porcentual en cada uno. El rubro de amortización de capital fijo por hectárea, \$1, 247, el cual no es considerado dentro de su estructura de costos por parte de la

SAGARPA, mientras en el caso del seguro agrícola fue de \$840 en nogal producido en bombeo y \$687 en nogal de gravedad, asimismo el costo financiero fue de \$1, 452 en nogal de bombeo y \$1, 201 en nogal irrigado por gravedad (Cuadro 1).

**Cuadro 1: Costos de producción por hectárea en el cultivo de nogal (*Carya illinoensis*) en el DR-017 Comarca Lagunera**

| <b>Componentes del costo de producción por hectárea</b>   | <b>Nogal B</b> | <b>Nogal G</b> |
|---|----------------|----------------|
| <b>A) Costos de operación:</b>  |                |                |
| <b>1.Preparación del terreno</b>  |                |                |
| <b>2. Siembra o plantación</b>  | \$ 2,346       | \$ 2,342       |
| <b>3.Fertilización</b>  | \$ -           | \$ -           |
| <b>4.Labores culturales</b>   | \$ 6,635       | \$ 6,624       |
| <b>5.Riego y drenaje</b>  | \$ 4,362       | \$ 2,184       |
| <b>5.1 Costo del agua</b>   | \$ 3,483       | \$ 1,440       |
| <b>6. Control de plagas y enfermedades</b>  | \$ 1,607       | \$ 1,604       |
| <b>7. Cosecha</b>   | \$ 3,525       | \$ 3,519       |
| <b>8. Diversos</b>  | \$ 2,994       | \$ 2,686       |
| <b>Subtotal costos de operación</b>   | \$ 24,951      | \$ 20,399      |
|   | \$ -           | \$ -           |
| <b>B) Otros costos</b>  | \$ -           | \$ -           |
| <b>Seguro agrícola</b>  | \$ 840         | \$ 687         |
| <b>Costo financiero</b>   | \$ 1,452       | \$ 1,201       |
| <b>Renta del suelo</b>  | \$ 4,000       | \$ 4,000       |
| <b>Depreciación de maquinaria y equipo</b>  | \$ 1,247       | \$ 1,247       |
|   |                |                |
| <b>Subtotal otros costos:</b>   | \$ 7,539       | \$ 7,135       |
| <b>COSTO TOTAL</b>  | \$ 32,490      | \$ 27,534      |
| <b>Jornales por ha</b>  | 72.27          | 71.27          |
| <b>Fuente: Elaboración propia, con base en los costos de producción reportados en el Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria ciclo agrícola 2014, DR-017 Comarca Lagunera, Ciudad Lerdo, Durango.</b> |                |                |

## **5.2 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 San Pedro, Coahuila representa el 34.34% de la superficie cosechada en el Distrito

de Riego 017, al cosechar un total de 2, 449 hectáreas, de las cuales 493 hectáreas son de bombeo (20.13%) y 1,956 hectáreas de gravedad (79.86%). 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 \$127.29 millones de pesos, de los cuales la producción de gravedad aportó el 78.58% (\$100.03 millones de pesos) de ese valor y el restante 21.41% (\$27.26 millones de pesos) del valor lo aportó la producción de bombeo. A nivel municipal el municipio de San Pedro, Coahuila contribuyó con el 34.3% de la superficie cosechada, el 32.27% de la producción física anual y el 33.4% del VBP regional.

Esa misma fuente indica que el rendimiento promedio en el municipio de San Pedro, Coahuila fue de 1.22 ton ha<sup>-1</sup>, observándose mayor rendimiento en el caso del nogal producido bajo riego por bombeo con 1.30 ton ha<sup>-1</sup> *versus* 1.20 ton ha<sup>-1</sup> en el nogal pecanero producido bajo riego por gravedad. Asimismo, en el Cuadro 2, 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 San Pedro, Coahuila fue 4.7% inferior al determinado en el Distrito de Riego 017.

El precio por tonelada en el municipio de San Pedro, Coahuila fue de \$42,592 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 1.9% 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 San Pedro el ingreso por hectárea fue de \$51, 975 ha<sup>-1</sup> en promedio, oscilando de \$55, 292 ha<sup>-1</sup> en el nogal de bombeo a \$51, 139 ha<sup>-1</sup> en el nogal producido en gravedad, lo que indica que el ingreso por hectárea obtenido en el municipio de San Pedro fue 2.9% inferior 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, 532 ha<sup>-1</sup>, lo que indica que el costo por hectárea en el municipio de San Pedro fue 14% 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 \$23,443 ha<sup>-1</sup>, lo que indica que la ganancia por hectárea a nivel municipal fue 17.7% inferior a la determinada a nivel Distrito de Riego.

**Cuadro 2: Superficie, producción, valor de la producción, ingresos, costos, rentabilidad, agua usada y empleo en el cultivo de Nogal pecanero (*Carya illinoensis*) 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                    | 0.82                | 0.57                 |                                       | 0.61                                | 0.71   |                |

|  |         |         |         |        |          |        |
|--|---------|---------|---------|--------|----------|--------|
| <b>conducción</b>  |         |         |         |        |          |        |
| <b>Volumen de agua usado por hectárea (m<sup>3</sup>)</b>  | 14,634  | 21,053  |         | 19,761 | 16,969   | 116.4% |
| <b>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)</b> | 7.21    | 41.18   | 48.39   |        | 121.01   | 40.0%  |
| <b>Ganancia monetaria total (Millones de MX\$)</b>   | \$11.24 | \$46.17 | \$57.41 |        | 203.16   | 28.3%  |
| <b>Total de jornales al año</b>  | 35,629  | 139,404 | 175,033 |        | 511,833  | 34.2%  |
| <b>Número de empleos permanentes/año (1 empleo permanente = 6 jornadas/semana por 48 semanas al año)</b>                         | 124     | 484     | 608     |        | 1,777    | 34.2%  |
| <b>Inversión de capital (Millones de MX\$)</b>   | \$16.02 | \$53.86 | \$69.87 |        | \$178.50 | 39.1%  |

**Fuente: Elaboración propia, con base en cifras de superficie cosechada, producción, y VBP reportados en el Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria DR-017 Comarca Lagunera, Lerdo, Durango.**

De acuerdo con el Cuadro 2, 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.

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 Cuadro, 2, 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, el Cuadro, 2 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.

El Cuadro 3 muestra en términos macroeconómicos, con qué grado de eficiencia se usaron los factores de la producción tierra, agua y capital. El grado de eficiencia es comparándoles en contra de cuanto valor, cuanto ganancia y cuanto empleo se generó al usar esos tres factores productivos. Así, se encontró que el municipio de San Pedro, Coahuila empleó el 39.1% de la tierra regional cultivada con nogal pecanero, utilizó el 40% de toda el agua disponible para riego y usó el 39.1% de todo el capital que se invirtió en todo el Distrito de Riego 017 para producir nuez, y con ello se logró generar el 33.4% de todo el VBP de la producción de nogal pecanero, es decir; poco más de 1/3 parte del valor de la producción agrícola, generó el 28.3% de las ganancias regionales y el 34.2% del empleo regional. De las cifras anteriores, se infiere que la producción de nogal pecanero en el municipio de San Pedro, Coahuila fue eficiente en términos económicos, toda vez que con solamente 34.3% de tierra y 39.1% del capital generó un porcentaje de valor de producción equiparable; 33.4 % de VBP y 28.3% de ganancias.

**Cuadro 3: Uso de los recursos agua, suelo y capital y los objetivos con ellos logrados en la producción de nogal en San Pedro, Coahuila.**

| <b>Recurso:</b>                              | <b>San Pedro, Coahuila</b> | <b>Comarca Lagunera</b> | <b>% en que se usó el recurso</b> |
|--|----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>Agua (Hm3)</b>                            | 48.39                      | 121.01                  | 40.0%                             |
| <b>Suelo (ha cosechadas)</b>                 | 2449                       | 7,131                   | 34.3%                             |
| <b>Capital invertido (Millones de pesos)</b> | \$69.87                    | \$178.50                | 39.1%                             |
| <b>Objetivos logrados:</b>                   |                            |                         | <b>% de aporte</b>                |
| <b>VBP (millones de pesos)</b>               | \$127.29                   | \$381.66                | 33.4%                             |
| <b>Ganancias (Millones de pesos)</b>         | \$57.41                    | 203.16                  | 28.3%                             |
| <b>Empleos</b>                               | 608                        | 1,777                   | 34.2%                             |
| <b>RB/C</b>                                  | 1.82                       | 2.14                    |                                   |
| <b>Fuente: Elaboración propia.</b>           |                            |                         |                                   |

**5.3 Indicadores de las huellas hídricas física, económica y social e indicadores de productividad del capital y del trabajo en la producción de nogal pecanero en el municipio de San Pedro, Coahuila.**

### 5.3.1 Productividad del suelo

El Cuadro 4 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.

Si bien la productividad del suelo fue discutida en el apartado 5.2, lo fue solamente en base rendimiento físico por ha, así como a cifras relativas, bajo la forma de RB/C, por lo que ahora toca analizarles en forma de ingreso y ganancia generado por hectárea. Así, se determinó que la misma superficie de nogal pecanero, una hectárea, de acuerdo al Cuadro 4, produjo un ingreso bruto muy variable (dada la diferente productividad física del suelo y los precios), que fue desde los MX\$55,292 ha<sup>-1</sup> en el nogal de bombeo, hasta los MX\$51,139 ha<sup>-1</sup> en nogal de gravedad, correspondiéndole al Distrito de riego un ingreso bruto igual a MX\$53, 521 ha<sup>-1</sup>, de allí que se determine que el ingreso bruto del municipio de San Pedro fue 3% inferior a la ganancia obtenida a nivel distrital.

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 Cuadro 4).

**Cuadro 4: Indicadores de productividad del suelo, del agua, del capital y de la fuerza laboral en la producción del cultivo de Nogal pecanero (*Carya illinoensis*) 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 |  |                       |
| <b>Productividad del Suelo:</b>   |   |                      |                      |                                     |  |                       |
| 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                  |
| <b>Productividad del agua:</b>    |   |                      |                      |                                     |  |                       |
| 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                  |
| <b>Productividad del capital:</b> |   |                      |                      |                                     |  |                       |
| 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                  |
| <b>Productividad laboral:</b>     |   |                      |                      |                                     |  |                       |
| 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                    | kg h <sup>-1</sup>                                    | 2.25                 | 2.11                 | 2.13                                | 2.23   | 0.96                  |

|  |                            |         |         |         |         |      |
|--|----------------------------|---------|---------|---------|---------|------|
| hora   |                            |         |         |         |         |      |
| 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 |
| <b>Fuente: Elaboración propia, con base en cifras de los Cuadros 1 y 2</b> |                            |         |         |         |         |      |

### 5.3.2 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 el Cuadro 4. 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 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> de nuez (11.27 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> en riego por bombeo y 17.53 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> en riego por gravedad), mientras que a nivel Distrito de Riego, el indicador fue 13.25 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> de nuez, lo que indica que la productividad física medida en su forma m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> del municipio de San Pedro fue menor en relación al distrital, toda vez que empleó 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)<sup>43</sup>, 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 Cuadro 4 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 Cuadro 4 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)<sup>44</sup> 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.*, (2015a)<sup>45</sup> 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 Cuadro 1, 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)<sup>46</sup>, agricultores de Estados Unidos pagan US\$0.05  $\text{m}^3$  empleado en el riego, mientras que el sector publico paga US\$0.30  $\text{m}^3$  -US\$0.80  $\text{m}^3$  de agua tratada para uso personal.

De acuerdo con Takele y Kallenbach (2001)<sup>47</sup>, 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)<sup>48</sup>, determinó que los agricultores del Distrito de Riego en el Valle Imperial de California pagan solamente US\$15.50 por 1,200  $\text{m}^3$  (es decir; US\$ 0.012  $\text{m}^3$ ), mientras que Ríos *et al.*, (2015a)<sup>49</sup>, determinaron un precio promedio de US\$0.02  $\text{m}^{-3}$  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  $\text{m}^{-3}$  (Ríos *et al.*, 2015b)<sup>50</sup>.

---

### 5.3.3 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 Cuadro 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.

El Cuadro 4 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 (Cuadro, 4 y 2).

#### **5.3.4 Productividad del trabajo**

De acuerdo con Dorward (2013)<sup>51</sup>, 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 Cuadro 4 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 h ton<sup>-1</sup> en el nogal irrigado por bombeo y 570.2 h ton<sup>-1</sup> en el nogal irrigado por gravedad), mientras que a nivel distrital se emplearon un total de 574 h ton<sup>-1</sup> 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 kg h<sup>-1</sup>, desglosados en 2.25 kg h<sup>-1</sup> en el nogal irrigado por bombeo y 2.11 kg h<sup>-1</sup> en el nogal irrigado por gravedad, mientras que a nivel Distrito de Riego se generaron 2.23 kg h<sup>-1</sup>, 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 (MX\$39.44 h<sup>-1</sup> en nogal irrigado por bombeo y MX\$41.40 h<sup>-1</sup> en nogal irrigado por gravedad), mientras a nivel del Distrito de Riego 017 se produjo una ganancia de MX\$49.62 h<sup>-1</sup>, 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.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Se cumplió con el objetivo de determinar la productividad del cultivo de nogal en términos de productividad del agua, capital y suelo, así como de la fuerza laboral del cultivo de nogal pecanero en el municipio de San Pedro, Coahuila y se le pudo comparar con los respectivos indicadores de nivel Distrito de Riego 017 al cual pertenece el municipio de San Pedro, Coahuila.

Se acepta la primera hipótesis en tanto que la productividad física del agua medida en sus formas  $kg\ m^{-3}$ ,  $m^3\ kg^{-1}$ ,  $MX\$$  de ganancia por  $hm^3$  y empleos generados por  $hm^3$  determinada fue *inferior* en el municipio de San Pedro, Coahuila en comparación a los indicadores obtenidos a nivel distrital.

Se rechaza la segunda hipótesis en tanto que la productividad del suelo en su forma de *rendimiento físico*, en  $ton\ ha^{-1}$  fue *inferior* en el municipio de San Pedro, Coahuila en comparación a la productividad promedio del suelo a nivel DR017.

Se rechaza la tercera hipótesis en tanto que la productividad del *capital* en el cultivo de nogal pecanero producido en el municipio de San Pedro, Coahuila generó menos empleo por cada millón de pesos invertidos a la cadena productiva de nogal, aun cuando el indicador de la Relación Beneficio / Costo resultara más elevado que el determinado a nivel regional.

Se acepta la cuarta hipótesis ya que la productividad del *trabajo* en el cultivo de nogal pecanero producido en el municipio de San Pedro, Coahuila en sus formas de *horas de trabajo invertidas por ton de nuez*, *ganancia generada por hora de trabajo* y *punto de equilibrio versus rendimiento físico* fueron superiores a los determinados a nivel Distrito de Riego 017.

## **6.2 Recomendaciones**

Se recomienda determinar este tipo de indicadores en el mismo cultivo en otros municipios productores de nogal en el Distrito de Riego 017, ya que ello ofrecerá un panorama de la utilización del recurso hídrico y de los beneficios económicos y sociales que se están generando con la utilización del recurso.

Se sugiere realizar este tipo de estudios en otros cultivos que conforman el patrón de cultivos del municipio de San Pedro, Coahuila, ya que ello nos dará un panorama acerca de la utilización del agua de riego y de posibles estrategias de gestión del recurso.

## VII. LITERATURA CITADA

Allan, A., Junming, W., Sammis, T. W., Mexal, J. G., Simmons, L. J., Miller, D. R. and Gustschick. V. P. (2006). A model of pecan tree growth for the management of pruning and irrigation. *Agric. Water Manage.* 84: 77-88.

Brisson, F. R. (1976). Cultivo de Nogal Pecanero. Traducido por Federico Garza Flores, Comisión Nacional de Fruticultura, SAG. México. 350 p.

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.

CNA (Comisión Nacional del Agua). 1998. Estadísticas del Distrito de Riego 017. Gerencia Regional. Torreón, Coahuila, México.

CNA (Comisión Nacional del Agua). 2002. Valor, costo y precio del agua en la Región Lagunera. México, D. F.

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).

Fortis-Hernández, M. y R. Ahlers. 1999. Naturaleza y extensión del mercado de agua en el D.R. 017 de la Comarca Lagunera, México. Serie Latinoamericana 10. Instituto Internacional de Manejo del Agua. México, D. F.

Fortis-Hernández, M., R. Ahlers, J. A. Leos-Rodríguez y E. Salazar-Sosa. 2002. El mercado de los derechos de agua en la Comarca Lagunera. *Políticas Agrícolas* 12: 103-122.

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. Island Press, 2000. 335p.

Godoy A. C., Reyes, J. I., Torres, E. C. A., Huitron R. M. V., Chiquito J. C. Morales, V. J. (2000). Tecnología de riego en nogal pecanero. Libro Científico No. 1. Campo Experimental La Laguna, CIRNOC-INIFAP. Matamoros, Coahuila. 104 p.

Godoy, A. C. y Huitrón, R. M. V. (1998). Relaciones hídricas de hojas y frutos de nogal pecanero durante el crecimiento y desarrollo de la nuez. *Agrociencia* 32 (4):331-337.

Godoy, A. C., Xopiyaxtle, Z., Reyes, J. I. y Torres E. C. A. (2005). Comportamiento hídrico de hojas y frutos de nogal pecanero y su relación con la calidad y germinación de fruto. *Terra Latinoamericana* 23: 505-513.

Godoy, A. C., y I. López. (2000). Desarrollo de la almendra y germinación del fruto del nogal pecanero bajo cuatro calendarios de riego. *Terra Latinoamericana* 18: 305-311.

Herrera, E. (1990). Fruit growth and development of Ideal and Western pecans. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 115: 915-923.

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.

Huchin A. S., Gonzalez, P. M., Padilla, M. A. y Ojeda, B. D. L. (2010). El manejo del nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangehn.) K. Koch] en Durango. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Valle del Guadiana, Durango, Durango. Folleto técnico No 42. Julio del 2010. 21pp.

Ibarra, E. S., Samaniego, G. J. A., Anaya, S. A., Núñez, M. J. H., Valdez, G. B., Gutierrez, S. R. G., Ruelas, I. J. R. y Macías, C. J. (2015). Programación del riego en nogal pecanero (*Carya illinoensis*), mediante un modelo integral basado en tiempo térmico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(8): 1893-1902.

INEGI. 2015. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística 10015. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/10/10015.pdf> (Consulta 04 marzo del 2016).

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.

Lagarda, M. A. (2007). Plantaciones de alta densidad en nogal pecanero. III Jornada Nacional y I Congreso internacional sobre el cultivo del pecan. Buenos Aires, Argentina.

Levine, G., A. Cruz-Galvan, D. Garcia, C. Garcés-Restrepo y S. Johnson III. 1998. Performance of two transferred modules in the Lagunera Region: water relations. Research Report 23. International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka.

Miyamoto, S. (1997). Consumptive water use of irrigated pecans. *Amer. Hort. Sci.* 108: 676-681.

Murphy D.E. (2003). In a first, U.S. puts limits on California's thirst. New York Times, 5 January. 1- 16 p.

Ojeda, D.L. y Velo L.C. (2003). Futuro de la nuez en el estado de chihuahua. Tercer día del nogalero. Memorias, Cd. Delicias, Chih, México. 51-56pp.

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.

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2000. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. <http://www.grida.no/geo2000/ov-es.pdf>

Ríos, F. J. L., Torres, M. M., Castro, F. R., Torres, M. M. A., y Ruiz, T. J. (2015). Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera, México. *Rev. FCA 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.

Salas, Q. H. (2004). Cultura del agua. Conflictividad y convivencia en la laguna. *Anales de antropología*. 38 (1): 230-254.

Sammis, T. W., Mexal, J. G. and Miller, D. D. (2004). Evapotranspiration of flood-irrigated pecans. *Agric. Water Manage* 69: 179-190.

SIAP. (2014). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Cierre de la producción agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Consulta 12 mayo del 2016).

SIAP. (2015). Atlas Agroalimentario 2015. Primera edición, 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México, D.F. 220p.

Stein, L. A., McEchern G. R. and Storey, J.B. (1999). Summer and fall moisture stress and irrigation scheduling influencing pecan growth and production. *J. Hort Science* 24: 607-611.

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.

Worthington, J. W., Lasswell, J., Stein, I. A. and Mc Fariand, M. J. (1992). Now that you've decided to irrigate...How?...How much?... When?...pecan south. 22:6-18.