

**PRODUCTIVIDAD FÍSICA Y ECONÓMICA DEL METRO CÚBICO DE
AGUA DE RIEGO POR BOMBEO EN EL CULTIVO DE ALFALFA
FORRAJERA (*Medicago sativa*) EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO,
DE 1990 A 2009.**

**Nivel de agregación: ambos tipos de tenencia del suelo, Ejido y Pequeña
Propiedad**

**PHYSIC AND ECONOMIC PRODUCTIVITY OF CUBIC METER OF
WATER PUMPING IRRIGATION IN THE CROP ALFALFA FORAGE
(*Medicago sativa*) IN THE COMARCA LAGUNERA REGION, MÉXICO,
FROM 1990 TO 2009.**

Level of aggregation: both types of land tenure, Ejido and Small Property

**J. L. Ríos Flores^{1*}, J. Ruiz Torres¹, M. Torres Moreno²,
Y. Martínez Rodríguez³**

¹ Profesor-Investigador – URUZA-UACHapingo, ² Dirección de Planificación Económica de SAGARPA, Delegación La Laguna, ³ Egresada de URUZA-UACHapingo

*Autor de correspondencia: j.rf2005@hotmail.com

RESUMEN. El objetivo fue determinar la productividad física y monetaria del agua de riego por bombeo en alfalfa forrajera producida a escala comercial, en La Comarca Lagunera, México entre 1990 y 2009, comparándole contra el cultivo del nogal pecanero regado por bombeo de la Pequeña Propiedad. Se determinaron seis variables de la productividad del agua de riego, dos de productividad física y cuatro de productividad económica, provenientes de cocientes, en los que se divide, o bien el volumen de agua demandado por hectárea entre el rendimiento físico o monetario por hectárea, según sea el caso, o bien lo inverso. Se determinó que la productividad física del agua de riego por bombeo en alfalfa forrajera, es creciente en el al pasar de 0.267m³ / kilogramo de alfalfa, a 0.219m³/ kilogramo, lo que implicó un decremento del 17.7% en la demanda hídrica/kg.. Es decir, en el año base se produjeron 3.749 kilos de alfalfa por m³ de agua utilizado en el riego, mientras que en el ultimo trienio se obtuvieron 4.557 kilogramos utilizando ese mismo m³ de agua. En el caso del nogal se determinó una productividad física decreciente, pues en la base se requerían 9.396 m³ de agua por kilo de nuez, mientras que en la parte final del período analizado, ese kilogramo de nuez requería de 9.756 m³ de agua para ser producido. La productividad económica del agua de riego por bombeo en alfalfa forrajera fue creciente al pasar de 0.776 m³ a 0.580 m³ por cada \$1 de ingreso bruto generado en la base y en la parte final del período, las cifras inversas de lo anterior mostraron que de \$1.29 aumentó a \$1.73 por m³ utilizado de agua en el riego, respectivamente para la base y el período final, a la vez que en el cultivo del nogal se encontró que esta forma de productividad económica fue decreciente, ya que en la base, el nogal de bombeo de La Pequeña Propiedad producía un ingreso monetario de \$5.82 y ya en la parte final del período descendió a \$3.60/m³. Al comparar los dos cultivos se determinó que la cantidad de producto físico logrado en alfalfa por metro cúbico de agua es 35.229 veces superior al logrado por el nogal en el año base, pero ya en 2007-2009, la alfalfa produjo 44.461 veces más producto físico por m³ que el nogal. En cuanto a productividad económica relativa, indica que en 1990-1992, el período base, el producir un ingreso monetario de \$1, en alfalfa, requirió usar 4.515 veces más agua que en nogal, y ya en 2007-2009, el producir ese mismo \$1 de ingreso monetario, demandó 2.088 veces más agua que en nogal, que si bien es un avance en la productividad monetaria, toda vez que se redujo un 53.7% la cantidad relativa de agua, no deja de señalar que el cultivo de alfalfa, en relación al nogal, es *altamente improductivo* en términos monetarios en el rubro del uso del agua. En cuanto al ingreso generado por m³ de agua usado en nogal, arrojó, para el período base, un índice igual a 0.221, es decir, en términos porcentuales, un metro cúbico de agua usado en alfalfa, genera solamente un 22.1% del ingreso que se generaría si ese metro cúbico de agua se usara en nogal, para el período base se elevó a 47.9%, lo cual, aunque es un notorio avance en la

productividad económica del cultivo de alfalfa, sigue siendo un índice de *improductividad monetaria* en el uso del agua de riego en alfalfa. La utilidad bruta por m³ de agua usada en el riego, fue de \$0.883 en alfalfa y \$2.232 en nogal durante 2007-2009. La productividad económica del agua de riego medida en estos términos, fue creciente en alfalfa y decreciente en nogal, pues en el período base de 1990-1992 ambos produjeron \$0.494 y \$3.773 de utilidad bruta por m³ respectivamente. En términos relativos, las anteriores cifras muestran que la alfalfa produjo 13.1 y 39.6% de la utilidad bruta por m³ de agua usada en el riego generada por el nogal, lo que sitúa a la alfalfa como un cultivo ineficiente en el uso del agua.

Palabras clave: alfalfa, nogal, riego por bombeo, productividad económica.

SUMMARY. The objective was to determine the physical and monetary productivity of irrigation water pumped in alfalfa forage produced on a commercial scale in La Laguna Region, Mexico between 1990 and 2009 compared with the cultivation of irrigated pecan pump in Pequeña Propiedad sector. Identified six variables in the productivity of irrigation water, two physical productivity and four monetary productivity, from ratios, in which is divided, or the volume of water demanded per hectare of physical or monetary yield per hectare or the reverse. It was determined that the physical productivity of irrigation water pumping in alfalfa forage, is increasing in going from 0.267m³ / kg of alfalfa, to 0.219m³ / kg, which meant a decrease of 17.7% in water required per kg, in the base year there were 3.749 kilos of alfalfa per m³ used, while in the last three years were obtained using the same 4.557 kg m³ of water. On the other hand when compared with the pecan is noted that this showed a decreasing productivity because the base is 9.396 m³ of water required per kilo of physical product, while at the end of the period under review, a kilogram of nuts required to 9.756 m³ water to be produced also found that monetary productivity of irrigation water pumped in alfalfa grass is growing, from 0.776 m³ for every \$ 1 of income generated for only 0.580 m³, in the base triennium obtained \$ 1.29 of value / m³ was used, while in the last three years were obtained \$ 1.73/m³, while the pecan crop was found decreasing productivity, since in 1990-1992, pecan pumping smallholdings producing cash income of \$5.82 and as in 2007-2009 dropped to \$3.60/m³. Comparing the two cultures was determined that the amount of physical output achieved in alfalfa per cubic meter of water is 35.229 times higher than that achieved by the pecan in the base year, but in 2007-2009, the indicator is equal to 44.461, said that alfalfa produced that year, 44.461 times per m³ physical product that pecan. In terms of relative economic productivity, indicates that in 1990-1992, producing a cash income of \$ 1, alfalfa, required to use 4.515 times more water than pecan, and by 2007-2009, to produce the same \$ 1 of cash income used 2.088 times more water than pecan, although it is a cash advance in productivity, since it fell 53.7% the relative amount of water, do not fail to note that the cultivation of alfalfa in relation to pecan is highly unproductive in terms of income in the account of water use. As the income generated by m³ of water used in pecan, showed, for the base period, a rate equal to 0.221, in percentage terms, a cubic meter of water used in alfalfa, generates only 22.1% of income be generated by cubic meter of water that was used in pecan for the base period rose to 47.9%, which, although a notable advance in the economic productivity of alfalfa, remains an index of monetary unproductive use irrigation water for alfalfa. The utility per m³ of used water in the irrigation water pumped was \$0.883 in alfalfa and \$2.232 in pecan during 2007-2009, the economic productivity of water grew in alfalfa and decreased in pecan since during the base period 1990-1992 both items generated \$0.494 and \$3.771, respectively. In relative terms, the gross utility per m³ of used water in the irrigation water pumped indicates that during the base period alfalfa only produced 13.1% of the profit generated by pecan while in the 2007-2009 period, this last produced 39.6%.

Key words: alfalfa forage, pecan, pumped irrigation, economic productivity

INTRODUCCIÓN

La alfalfa es la principal especie forrajera que se produce en todo el mundo. En México se cultivan alrededor de 338,000 hectáreas con un rendimiento de 75.6 toneladas de forraje por hectárea por año. De acuerdo con Ríos, *et al.* (2008), en La Laguna, menciona que la superficie cosechada regada por bombeo incrementó 94%, la producción se elevó 133%, el VBP generado incrementó en 190%. Este marcado incremento obedece a que la relación Beneficio-Costo fue creciente, pues incrementó 16.6%. Los problemas que se tienen con este cultivo en la región son: baja producción, corta vida productiva (no más de tres años) y alto consumo de agua en riego, de 1.8 m de lamina de riego promedio por año para predios de pequeños propietarios (Cantú, 2001) y de 2.7 m por año para algunos módulos de riego (Cruz y Levine, 1998), para el caso de nogal pecanero, se sabe que es un cultivo altamente demandante de agua, ya que llega a necesitar hasta 10,899 litros para producir un kilogramo de nuez (Torres, 2010).

A pesar de que en la Comarca Lagunera existe una problemática con el tema del agua, particularmente en lo que se refiere a la sobreexplotación de los mantos

acuíferos del cual se extraen cada año, cerca de 1,100 millones de m³ de agua, y solo se recargan alrededor de 500 millones, y al hallazgo contaminantes como el arsénico en la mayoría de los pozos. En la región no existe información acerca de la productividad del agua en los cultivos, por ello el objetivo de este trabajo fue la determinación de la productividad física y económica del metro cúbico de agua aplicado en alfalfa forrajera.

Se determinaron seis tipos de cocientes, dos de ellos evalúan la productividad física, y los cuatro restantes la evalúan en términos económicos, pero, en los seis casos de productividad aquí evaluados, es la cantidad de agua de riego utilizada en la producción, el parámetro de referencia, tal como al unidad de suelo, la hectárea, lo es para la medición de la productividad de la manera tradicional.

MATERIALES Y METODOS

Descripción de la Comarca Lagunera

La Laguna se ubica geográficamente en la parte central de la parte norte de México (Fig. 1). Esta conformada

por 10 municipios del Estado de Durango y 5 municipios del Estado de Coahuila.

De acuerdo con Sifuentes, Rios et al (2005) se ubica entre los 102° 22' y 104° 47' LO y 24° 22' y 26° 23' LN, a una altura media de 1139 msnm, cuenta con 4.79 millones de hectáreas, de las cuales 4.72% es superficie agrícola, 91.7% es eriazo, y el resto del suelo está sujeto a otros usos; la superficie agrícola se distribuye en 49.2% de riego por bombeo, 22.7% de riego rodado, y 28.1% es de temporal.

Recurso agua

La Comarca Lagunera posee dos presas de almacenamiento (Francisco Zarco y Lázaro Cárdenas), cuatro presas derivadoras, diversos tanques de almacenamiento y 3,200 pozos, más de 1,266 kilómetros de canales y drenes (Comisión Nacional del agua, 2003). Otras obras complementarias que potencialmente permitirían regar alrededor de 248,000 hectáreas, equivalentes al 5% de la superficie total de la región. Sin embargo, un ciclo normal de riegos representa una superficie de riego en promedio anual de 87,240 ha, que demandan un volumen de 1,345 millones de m³ (Mm³) de agua de las presas, en beneficio de 33,227 usuarios de los Módulos en la jurisdicción del Distrito de Riego 017 (Saldaña, 1998); su temperatura media anual es de 21.11° C y cuenta con 240 mm de precipitación media anual.

Patrón de cultivos

Históricamente el cultivo principal en la Región Lagunera ha sido el algodón. Hacia la década de los años 40 la mayor superficie de bombeo la cubría este cultivo, principalmente para satisfacer la demanda de fibras como consecuencia del conflicto mundial. Posteriormente, se presenta la recesión económica y la caída del precio de la fibra lo que repercute en el establecimiento y cosecha del cultivo de algodón. Se origina así la sustitución por cultivos alternativos, que en este caso fueron los forrajes, iniciando el incremento en la superficie del cultivo de alfalfa.

Actualmente la superficie por bombeo es de 78, 206 ha. El principal cultivo en la actualidad es el de alfalfa, ocupando el 43.03% de la superficie total regada por bombeo, seguido del maíz forrajero con 18.84%, avena forrajera 13.74%, nogal 4.6%, avena forrajero 4.3%, melón 4.13%, algodón 2.61%, zacate ballico 2%, sandía 1.1%, mientras que cultivos como el tomate rojo, triticale, hortalizas, avena grano, vid, frijol y los frutales ocupan una superficie menor al 1% (SAGARPA, 2008).

La Laguna se ubica en el centro del desierto Chihuahuense, en una de las zonas con menor precipitación y mayor evapotranspiración de México.

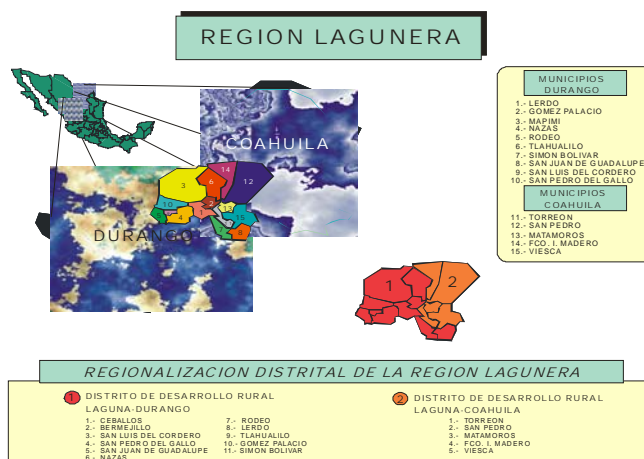


Fig. 1. Ubicación geográfica de La Laguna y los municipios que la componen

En La Laguna, existen, de acuerdo con CNA (2003) concesiones para extraer setecientos millones de m³ anuales, asimismo, esta fuente señala que el 83% del agua extraída se destina a actividades agropecuarias, fundamentalmente para la producción de alfalfa y otros forrajes que sostienen a la mayor cuenca lechera de México, con una producción que supera los cinco millones de litros de leche al día y que la surte a mercados lejanos como la Ciudad de México, Monterrey y Acapulco. Las principales empresas que compran la leche lagunera son el Grupo Industrial Lala, Alpura y Nestlé. Menos de 2% de esa agua será usada en la industria y el resto, en usos domésticos y urbanos. Como primera fuente de información, se utilizaron los datos de superficie cosechada, producción, y valor reportados por SAGARPA, en los Anuarios Estadísticos de la Producción Agropecuaria (1990 a 2009), editados por SAGARPA, Delegación La Laguna, y de INIFAP (1994, 2002) se tomaron las láminas de riego usuales en la región.

Variables evaluadas

Se evaluaron seis variables independientes en dos períodos de tiempo, 1990-1992 y 2007-2009:

- a) Los m³ de agua usados en el riego, necesarios para producir un kilogramo de producto físico (a lo que se denominó Y_1)
- b) Los gramos de producto físico producido por cada m³ de agua usado en el riego (a lo que se denominó Y_2)
- c) Cantidad de m³ de agua usados en el riego necesarios para producir \$1 de ingreso bruto (a la que se llamó Y_3)

- d) Ingreso generado (en pesos constantes de 2009) por m³ de agua usado en el riego (a lo que se denominó Y₄).
- e) Utilidad bruta (en pesos constantes de 2009) producida por cada metro cúbico de agua de bombeo usada en el riego (a lo que se denominó Y₅).
- f) Cantidad de agua (en m³) utilizada en el riego mediante bombeo para producir \$1 de utilidad bruta (a lo que se denominó Y₆).

Ecuaciones matemáticas utilizadas

Si bien la lámina de riego (LR) de un cultivo determinado, por efecto de nuevas técnicas agrícolas, es variable a largo plazo, dentro del período analizado no varió, según las fuentes señaladas. La lámina de riego más usual en la región para el cultivo del alfalfa forrajera, se multiplicó por 10,000 (área en m² de una hectárea), de esa manera se obtuvo el volumen total "V" de m³ de agua demandada por cada cultivo a nivel comercial, es decir, la ecuación matemática que permite obtener ese volumen de agua demandado por cultivo en una hectárea está dada por:

$$V = 10000 LR$$

Las seis variables señaladas a continuación, de Y₁ a Y₆, se calcularon tanto para el cultivo de alfalfa forrajera irrigada por bombeo a un nivel de agregación que abarca ambos tipos de tenencia del suelo, el Ejido y La Pequeña Propiedad, como para el cultivo de nogal pecanero de bombeo a un nivel de agregación de el sector de La Pequeña Propiedad, no obstante, se comenta de manera amplia solamente al cultivo de alfalfa y no al nogal, ya que este último fue considerado como parámetro de comparación solamente, no obstante, para quien desee visualizar al nogal en sí mismo, y no como parámetro de referencia, sus seis variables. La primera variable, Y₁, medida en m³ de agua/kg de producto físico, se obtuvo al dividir el volumen "V" de agua utilizado por hectárea entre el rendimiento físico por hectárea "RF", que en términos de ecuación matemática se expresa como sigue:

$$Y_2 = \frac{1}{Y_1} = \frac{RF}{V} = 0.0001 \frac{RF}{LR}$$

La segunda variable, Y₂, medida en kilogramos de producto físico producidos por m³ de agua, se obtuvo al obtener la inversa de Y₁, que en términos de ecuación matemática se expresa como sigue:

La tercer variable, Y₃, medida por la cantidad de m³ de agua de riego utilizado para producir \$1 de ingreso, se obtuvo al dividir el volumen "V" de agua utilizado por hectárea entre el ingreso bruto "I" (I, expresado en pesos constantes de 2009 producidos por hectárea), que en términos de ecuación matemática se expresa como sigue:

$$Y_3 = \frac{V}{I} = \frac{10000 LR}{I} = \frac{10000 LR}{RF (Pr)}$$

La cuarta variable, Y₄, medida por la cantidad de ingreso bruto generado por cada m³ de agua utilizado en el riego, se obtuvo al obtener la inversa de Y₃, es decir, al dividir el ingreso bruto por hectárea (I) entre el volumen "V" de agua utilizado por hectárea, que en términos de ecuación matemática se expresa como sigue:

$$Y_4 = \frac{1}{Y_3} = \frac{I}{V} = \frac{(0.0001) I}{LR} = \frac{(0.0001) RF (Pr)}{LR}$$

La quinta variable, Y₅, mide la utilidad bruta generada por m³ de agua irrigada por bombeo. Se obtuvo al efectuar la división de la utilidad "U" bruta por hectárea (en pesos constantes de 2009) entre el volumen "V" de agua utilizado por hectárea, que en términos de ecuación matemática se expresa como sigue:

$$Y_5 = \frac{U}{V} = \frac{I - C}{10000 LR} = \frac{0.0001(RF (Pr) - C)}{LR}$$

Donde:

U = Utilidad bruta por hectárea (en pesos constantes de 2009)

I = Ingreso o rendimiento monetario por hectárea (en pesos constantes de 2009)

C = Costo por hectárea (en pesos constantes de 2009)

RF = Rendimiento físico (ton/ha)

Pr = Precio real por tonelada (en pesos constantes de 2009).

LR = Lámina de riego (en metros lineales).

La sexta variable, Y₆, mide la cantidad de agua de bombeo usada en el riego (en m³) necesaria para producir \$1 (en pesos constantes de 2009) de utilidad bruta, es decir, la sexta variable es la inversa de Y₅. Se obtuvo al efectuar la división del volumen "V" de agua entre la utilidad "U" bruta por hectárea (en pesos constantes de 2009), que en términos de ecuación matemática se expresa como sigue:

$$Y_6 = \frac{1}{Y_5} = \frac{V}{U} = \frac{10000 LR}{U}$$

El rendimiento monetario por hectárea “RM” o ingreso bruto, ya expresado en pesos constantes, es decir sin el efecto distorsionante de la inflación, es igual a la multiplicación del rendimiento físico “RF” producido por hectárea, por el precio unitario “Pr” de ese producto físico en términos reales (con base en el poder adquisitivo de un determinado período base), que como ecuación matemática se expresa como sigue:

$$I = RM = RF * Pr$$

Para obtener el precio real “Pr”, se dividió el precio nominal o corriente “Pn”, el cual si contiene el efecto distorsionante de la inflación, se dividió “Pn” entre el índice de precios reportado por el Banco de México al INEGI, es decir:

$$Pr = \frac{P_n}{IP} * 100$$

A su vez, para obtener “Pn” se dividió el Valor Bruto de la Producción (VBP) en pesos corrientes o nominales reportado por SAGARPA entre la producción física anual “P”, es decir:

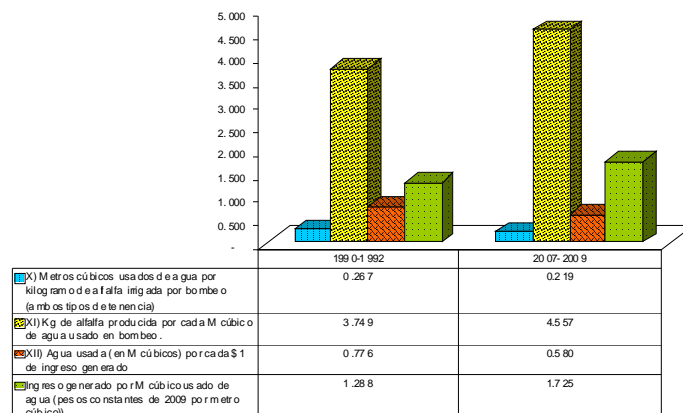
$$Pn = \frac{VBP_n}{P}$$

RESULTADOS Y DISCUSION

Producto físico, ingreso y utilidad por metro cúbico de agua en Alfalfa

La productividad física del agua de riego de bombeo en el cultivo de alfalfa en la Comarca Lagunera, de acuerdo a la Figura 2 tiene dos ángulos de visualización, el primero de ellos muestra que para producir un kilogramo de alfalfa, en el año base de 1990-1992, demandaba 0.267m³ de agua, mientras que en 2007-2009, producir ese mismo kilogramo de alfalfa en verde, requirió de 0.219m³ de agua de riego, lo que implica un decremento en todo el período, igual a 17.7% en la demanda hídrica, que a su vez conlleva a una tasa anual de decrecimiento igual al -1.0% anual.

Analizando lo anterior, se observa que en el caso de la aplicación del riego por bombeo se observó una mayor productividad en el uso del agua, toda vez que para producir el mismo kilogramo de alfalfa, en dos diferentes períodos de tiempo, la demanda unitaria de agua por kilogramo disminuyó, 17.7%, como ya se señaló.



Esta disminución se debe, de entre las principales causas, a la implementación de tecnología de riego pues de acuerdo con Rodríguez (1999), con sistemas de aspersión aumenta la producción de la alfalfa y disminuye la lámina de riego; al obtenerse alrededor de 1.64Kg de Materia Seca por m³ de agua aplicado. Por otro lado se reporta que con el uso de riego rodado solamente se obtienen 1.07 Kg de Materia seca por metro cúbico aplicado en riego, lo cual permite un aumento en la eficiencia de producción de materia seca por metro cúbico de agua.

Una segunda forma de visualización de la productividad física del agua usada en el riego por bombeo en alfalfa forrajera, está dada al evaluar la cantidad física de producto obtenido por cada m³ de agua usado, así, en la Figura 2 se muestra que en 1990-1992, se producían 3.749 kg de alfalfa por m³ de agua y en 2007-2009 fueron 4.557 kg por m³, es decir, al ser mayor en 2007-2009 el producto físico por m³, se determinó que la productividad del agua aumentó un 21.5%.

No obstante que el evaluar la productividad del agua de riego en términos físicos en un cultivo solamente, es en sí un gran logro, en tanto permite conocer la cantidad que se requiere de agua invertida en el riego para producir un kilogramo de producto físico, no obstante, ese logro no es tal cuando se necesita hacer comparaciones económicas entre diferentes cultivos o un mismo cultivo a lo largo del tiempo, ya que al tener diferentes precios en el mercado, hará que ese hecho se traduzca en diferentes productividades económicas del agua usada en el riego, así, al tener unidades monetarias/m³, sí es

posible hacer comparaciones de productividad entre diferentes cultivos o el mismo cultivo a lo largo del tiempo. La productividad económica del agua es la única que permite realmente hacer comparaciones entre diferentes cultivos o el mismo cultivo en una línea de tiempo.

Lo anterior, se menciona por el hecho de que en la Figura 2, aparece una segunda forma de medir la productividad, la productividad *monetaria* del agua de riego, considerando al ingreso bruto "I" y su relación con la cantidad de agua necesaria para producir tal ingreso, al igual que en el caso de la productividad física, se obtuvo primeramente aquella que indica la cantidad de agua usada (en m³) por cada \$1 de ingreso generado por la alfalfa forrajera regada por bombeo, y, en un segundo momento, al sacarle el inverso al anterior indicador, se obtiene otro de sentido diferente, que nos habla de el ingreso monetario generado por cada m³ de agua usado en el riego.

Con base en lo anterior, se determinó que la cantidad de m³ de agua usada en el riego, necesaria para producir \$1 de ingreso en el cultivo de alfalfa forrajera, de acuerdo a la Figura 2, disminuyó en el período analizado, ya que, mientras que en el período base se requerían de 776 litros (0.776 m³) para producir un \$1 de ingreso, en 2007-2009, para producir ese mismo \$1, disminuyó la demanda de agua a 580 litros (0.580 m³), lo que implicó un decremento de 25.3% en la demanda hídrica para producir el mismo valor monetario que en el año base, (que visto desde otro ángulo, implicaría decir que ese metro cúbico de agua esta generando mas valor actualmente, que el que generaba en el año base), que en términos de tasa anual de crecimiento, equivale a decir que la demanda de agua para producir el mismo ingreso disminuyó a un ritmo anual del 2.3%.

De acuerdo a la Figura 2, un m³ de agua usado en el riego por bombeo en el cultivo de alfalfa forrajera sirvió, en el período base para generar \$1.29, mientras que en 2007-2009, ese mismo m³ de agua generó \$1.73 de ingreso, el ingreso generado por m³ de agua incrementó un 33.9%, equivalente a una tasa anual de crecimiento de 1.5%.

El ingreso "I", de manera general, se define como el producto de la cantidad física "Q" por el precio "P", es decir:

$$I = QP$$

mientras que la ganancia "G", se define como la diferencia entre el ingreso y el costo de producción "C", así, la ecuación de ganancia se representaría con la ecuación:

$$G = I - C = QP - C$$

Lo anterior se señala, porque la ganancia deviene en un indicador económico de eficiencia, de productividad, ya que al restarse los costos de los ingresos, se está obteniendo un excedente sobre la inversión, el cual mide el grado de rentabilidad de ésta, a diferencia del ingreso, que no permite obtener un indicador de productividad *per se*.

En relación a la generación de \$1 de utilidad bruta por metro cúbico de agua de bombeo usado en el riego, en el caso del cultivo que nos ocupa, la Alfalfa, la Figura 3 muestra que la cantidad de agua usada en el riego mediante bombeo, descendió de 2.02 m³ en el período base de 1990-1992, a 1.13 m³ en 2007-2009, lo que, sugiere que se redujo en un 44% la demanda hídrica del cultivo para producir \$1 de utilidad, lo que a su vez indica que en términos de velocidad de crecimiento, la demanda hídrica para producir ese \$1 de utilidad decreció a un ritmo del 3.0% anualmente.

Con base en lo anterior, visto desde otra óptica, mediante la simple operación inversa de las cifras señaladas en el párrafo precedente, de acuerdo a la Figura 3, un metro cúbico de agua irrigada en bombeo generaba en el trienio base \$0.494 de utilidad bruta, mientras que ese mismo metro cúbico de agua, ya en 2007-2009, generaba \$0.883 de utilidad, lo que, indica que en el período se incrementó en un 78.6% la cantidad producida de utilidad bruta por metro cúbico de agua de bombeo irrigada, es decir, creció a un ritmo del 3.1% cada año.

Producto físico, ingreso y utilidad por metro cúbico de agua irrigada por bombeo en Alfalfa forrajera en La Comarca Lagunera. En términos relativos, Alfalfa bombeo versus Nogal pecanero de La Pequeña Propiedad.

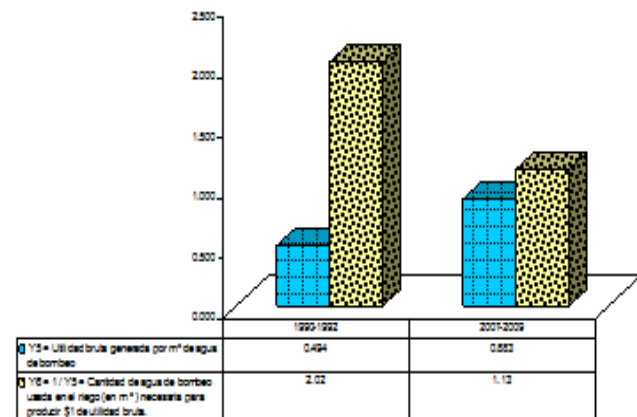


Figura 3: Utilidad por metro cúbico de agua en riego por bombeo en Alfalfa (Ejido y Pequeña Propiedad) en La Comarca Lagunera. 1990-2008

Las cifras en términos absolutos del cultivo de nogal pecanero, no se analizan *in extenso*, solo se les tome de manera implícita, ya que fue considerado solamente como parámetro de referencia en contra del cual se compara el cultivo de alfalfa, ampliamente sembrado en La Laguna, el resumen de las cifras de nogal aparecen en el Cuadro 2. El cultivo de nogal, de acuerdo al Cuadro 2, es un gran demandante de agua, ya que en los períodos analizados requirió de 9.396 y 9.756 m³ de agua por kilo de nuez, y para producir \$1 de utilidad bruta se demandaron 0.265 y 0.448 m³ de agua (es decir, \$3.771 y \$2.232 de utilidad por m³ de agua), visto así, el m³ de agua irrigado tuvo una eficiencia física y económica decreciente.

Lo anterior, muestra entonces, que en una región como La Laguna, con una precipitación anual promedio de 240 milímetros de lluvia, hablar de un cultivo que requiere 9.756 m³ de agua para producir un kg de producto físico, es hablar entonces, de un cultivo altamente demandante de agua, por ello se insiste, se seleccionó este cultivo como parámetro de referencia. La comparación de las variables Y1 a Y4 de alfalfa en contra de las propias del cultivo de nogal pecanero, es señalado por la Figura 4.

Al formar el cociente de dividir cada una de las variables de nogal entre la correspondiente variable del nogal, arrojó para la variable Y1 un indicador igual a 0.028, el cual indica que para producir un kilogramo de alfalfa, la alfalfa consume solamente el 2.8% del agua necesaria en nogal para producir un kilogramo de nuez, ello en el año base de 1990-1992, y, ya en 2007-2009, el indicador de la Figura 4 fue igual a 0.022, es decir, que en ese año, el agua necesaria en alfalfa equivalió al 2.2% de la invertida en nogal para producir un kilogramo de producto físico, lo cual sugiere un incremento *relativo* en la productividad física de alfalfa, relativo pues es en relación al nogal.

Al obtener la inversa de las anteriores cifras, se determinó, según lo muestra la Figura 4, que la cantidad de producto físico logrado en alfalfa por metro cúbico de agua es 35.229 veces superior al logrado por el nogal en el año base, pero ya en 2007-2009, el indicador, igual a 44.461, señala que el cultivo de alfalfa produjo ese año, 44.461 veces más producto físico por metro cúbico que el nogal.

En cuanto a productividad económica relativa, en su forma de ingreso bruto, la Figura 4 indica que en 1990-1992, el producir un ingreso monetario de \$1, en alfalfa, requirió usar 4.515 veces más agua que en nogal, y ya en 2007-2009, el producir ese mismo \$1 de ingreso monetario, demandó 2.088 veces más agua que en nogal, que si bien es un avance en la productividad monetaria,

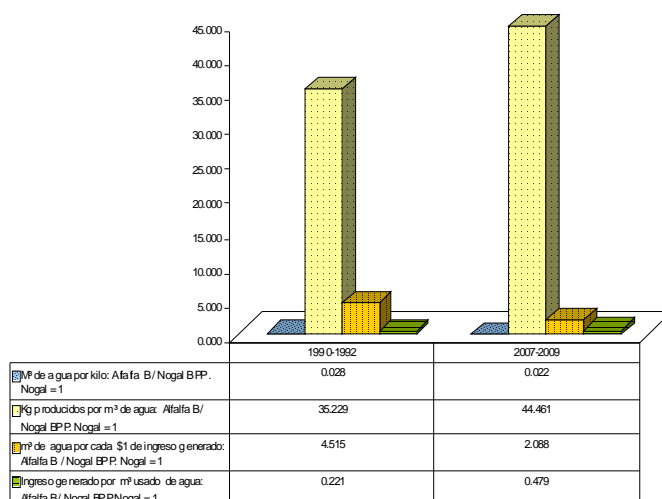


Figura 4: Productividad física y monetaria *relativa* del metro cúbico de agua de bombeo en Alfalfa. Alfalfa Vs Nogal (≠1), B=bombeo, PP=Sector de La Requena Propiedad. Comarca Lagunera 1990-2009.

toda vez que se redujo un 53.7% ($= (2.088/4.515)-1$) la cantidad relativa de agua, no deja de señalar que el cultivo de alfalfa, en relación al nogal, es *altamente improductivo* en términos monetarios en el rubro del uso del agua.

La variable Y4, proveniente de invertir la variable anterior, es decir, al dividir el ingreso generado por metro cúbico de agua usado en alfalfa entre el correspondiente ingreso generado por metro cúbico de agua usado en nogal, arrojó, para el período base, un índice igual a 0.221, es decir, en términos porcentuales, un metro cúbico de agua usado en alfalfa, genera solamente un 22.1% del ingreso que se generaría si ese metro cúbico de agua se usara en nogal, para el período 2007-2009 se elevó a 47.9% (el indicador fue 0.479), lo cual, aunque es un notorio avance en la productividad económica del cultivo de alfalfa, sigue siendo un índice de *improductividad monetaria* en el uso del agua de riego en alfalfa.

Lo anterior, en términos relativos señala que en 1990-1992, por cada \$1 de utilidad por hectárea producida por el nogal, una hectárea cosechada de alfalfa producía solamente 19.7 centavos de utilidad (el indicador fue 0.197), aunque, ya en la parte final del período analizado, el cultivo de alfalfa mejoró su cifra, toda vez que por cada \$1 que producía de utilidad bruta el nogal, la alfalfa produjo 59.3 centavos (el indicador fue 0.593).

Cuadro 1: Utilidad por ha, utilidad por m³ de agua de riego y m³ de agua usados por \$1 de utilidad en los cultivos de Alfalfa forrajera (sectores Ejido (E) y Pequeña Propiedad (PP)) y Nogal pecanero del sector de La Pequeña Propiedad, ambos irrigados por bombeo (B). Comarca Lagunera, 1990-1992 y 2007-2009.

Cultivo	Utilidad por ha (en pesos constantes de 2009)		Utilidad bruta generada por m ³ de agua de bombeo (Y5)		Cantidad de agua de bombeo usada en el riego (en m ³) necesaria para producir \$1 de utilidad bruta (Y6 = 1 / Y5)	
	1990-1992	2007-2009	1990-1992	2007-2009	1990-1992	2007-2009
Cifras en términos absolutos						
Alfalfa BEyPP	8,900	15,893	0.494	0.883	2.02	1.13
Nogal BPP	45,257	26,785	3.771	2.232	0.27	0.45
Cifras en términos relativos (Nogal BPP =1)						
Alfalfa BEyPP	0.197	0.593	0.131	0.396	7.627	2.528
Nogal BPP	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia, con base en cifras de los Anuarios Estadísticos de la producción Agropecuaria, SAGARPA, Delegación La Laguna, Cd. Lerdo, México.

La columna de "Agua usada (en m³) por cada \$1 de utilidad generado" del Cuadro 1, muestra que el cultivo de alfalfa demandó 7.627 veces más agua, es decir, 662.7% más agua que el nogal para producir \$1 de ganancia, a la vez que ya en 2007-2009 requirió solamente 2.528 veces más agua, o lo que es lo mismo, 152.8% más agua que el nogal, lo cual si bien es una mejora en el uso económico del agua, denota *per se*, que el cultivo de alfalfa es altamente ineficiente en relación al nogal, aunque por supuesto, podría ser más eficiente que algún otro cultivo, no obstante ello tendría que ser demostrado.

Por su parte la columna "Utilidad generada por m³ usado de agua (en pesos constantes de 2009 por metro cúbico)" del Cuadro 1, muestra que el nivel de utilidad alcanzado por cada metro cúbico de agua usada en el riego es menor en el cultivo de alfalfa que en el cultivo de nogal, ya que en el año base, el mismo m³ de agua produjo en alfalfa una utilidad de solo el 13.1% (el indicador fue 0.131) del nivel de utilidad bruta lograda en nogal al usar ese m³ de agua, asimismo, en 2007-2009, ese m³ de agua habría producido \$1 de utilidad en nogal, mientras que en alfalfa solamente \$0.396. Lo cual reafirma lo asentado líneas arriba, que la alfalfa, en términos de productividad económica del agua de riego de bombeo, es altamente ineficiente.

Debe remarcarse que la productividad económica, tanto la referente a la disminución en la cantidad de agua utilizada en el riego para producir \$1 de ingreso bruto, como la que alude a la producción de \$1 de ganancia

bruta, ya analizados, y considerando además, que se dieron en un contexto caracterizado por los *aumentos* en el precio real de la alfalfa (que se elevaron de \$343.65 a \$378.60 por tonelada) y su rendimiento físico (que se elevó de 67.491 a 82.028 ton/ha), asimismo, que el costo real por hectárea, aunque creciente (de \$14,293 a \$15,162) creció más lento, con una tasa anual de 0.3%, que el ingreso por hectárea (de \$23,193 a \$31,055) cuya tasa anual fue de 1.5%, siempre comparando los dos períodos analizados de 1990-1992 y 2007-2009 respectivamente, lo que indica entonces, que existió una tendencia creciente en la productividad económica del agua de riego en el cultivo de alfalfa forrajera, y, que su precio real, su rendimiento físico por hectárea y su costo por hectárea, jugaron un papel decisivo, ya que al aumentar los precios y el rendimiento físico, de manera objetiva y necesaria, se elevó el ingreso o rendimiento monetario por hectárea en principio y en segundo lugar, hizo creciente la utilidad bruta, aunado a que el denominador de las variables económica del uso del agua, el volumen "V" de agua, permaneció constante en el período, entonces, de manera objetiva y necesaria también, trajo consigo un alza en la productividad económica del agua de riego.

CONCLUSIONES

Se logró cumplir el objetivo, ya que se determinaron las seis formas preestablecidas de medir la productividad del uso del agua de riego, dos de ellas referentes a la productividad física y las restantes cuatro de productividad económica del agua de riego, así mismo,

Cuadro 2 : Superficie, producción y eficiencia física y económica del m³ de agua de riego en Nogal pecanero (*Carya illinoensis*) irrigado por bombeo del sector de La Pequeña Propiedad en La Laguna, México. 1990-2009.

Variable	1990-1992	2007-2009	Incremento	TAC
Superficie cosechada (ha)	1,527	2,419	58.4	2.5
Producción anual (ton)	1,951	2,976	52.5	2.2
Ton/ha	1.277	1.230	- 3.7	- 0.2
Y1 = m ³ de agua por kg	9.396	9.756	3.8	0.2
Y2 = kg por m ³	0.106	0.102	-3.7	-0.2
Y3 = m ³ de agua por \$l de ingreso bruto	0.172	0.278	61.5	2.6
Y4 = ingreso por m ³ de agua	5.82	3.60	-38.07	-2.49
Y5 = Utilidad bruta por m ³ de agua	3.771	2.232	-40.8	-2.7
Y6 = m ³ de agua por \$l de utilidad bruto	0.265	0.448	69.0	2.8

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de superficie, producción y valor de los Anuarios Estadísticos de la Producción Agropecuaria. SAGARPA, Delegación La Laguna, Cd. Lerdo, Dgo., y láminas de riego de INIFAP La Laguna.

se logró determinar la variación a lo largo del tiempo, en los dos períodos considerados, en cada una de esas seis formas de visualización de la productividad física y económica del agua de riego.

Se determinó que por un lado, disminuyó la cantidad de agua necesaria para producir un kilogramo de alfalfa, y por otra parte, aumentó la cantidad de kilogramos producidos por metro cúbico de agua de riego de bombeo, lo que indica una productividad física del agua de riego con carácter creciente.

Asimismo se determinó que la productividad económica, medida por la cantidad de *ingreso bruto y/o utilidad bruta* generado(a) por metro cúbico de agua de riego de bombeo, fue creciente, asimismo, que esa creciente productividad económica se debió tanto al alza en el precio real por tonelada (no disminuyó como se creía), conjugado con un rendimiento físico por hectárea reciente y un ritmo de crecimiento en los costos por hectárea inferiores al ritmo de crecimiento del ingreso por hectárea.

Asimismo se encontró que el cultivo de alfalfa es 44.461 veces *superior* al cultivo de nogal pecanero en cuanto a la cantidad de producto físico obtenido por metro cúbico de agua de riego.

Con base en la metodología utilizada, se encontró que en sentido contrario a lo que se consideraba, el cultivo de alfalfa es *inferior* al cultivo de nogal pecanero en cuanto a la productividad económica del agua de riego, tanto a nivel de ingreso como de utilidad generado por metro cúbico de agua usado en el riego por bombeo, ya que producir \$1 o bien de ingreso o bien de utilidad implica un mayor consumo de agua en la alfalfa que en el nogal.

LITERATURA CITADA

- Cantú B., J. E. 2001. Modelo de producción sustentable de forrajes para la producción de leche en regiones con limitantes de agua, Tesis doctoral. Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ). División de Estudios de Postgrado. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Comisión Nacional del Agua. 2003. Subdirección General Técnica. Estudio técnico de actualización del conocimiento geohidrológico en la zona comprendida por el acuífero "Principal -Región Lagunera" en los estados de Coahuila y Durango-. Torreón, mayo de 2003.
- Cruz A. y Levine G. 1998. El Uso de Aguas Subterráneas en el Distrito de Riego 017, Región Lagunera, México. IWMI, Serie Latinoamericana No. 3. México, D.F, México: Instituto Internacional del Manejo del Agua.
- INIFAP. 1994. Paquetes tecnológicos de los principales cultivos en La Región Lagunera. 1994. Sin lugar de edición.
- INIFAP. 2002. Tecnología de producción en Nogal pecanero. Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental La Laguna., Matamoros, Coahuila, México. Noviembre de 2002.
- Rios F. J. L., Torres M. M., Ruiz T. J., Cisneros V. J. M. y Quiñones M. M. A. 2008. Revista Chapingo, Serie Zonas Áridas Volumen 7 número 2 Diciembre 2008. Artículo: Producción, Productividad y Rentabilidad de alfalfa (*Medicago sativa*), irrigada por bombeo en La Laguna de 1990 a 2005. Bermejillo, Dgo. México.
- Rodríguez, C. A. 1999. Producción, eficiencia de riego y calidad de la alfalfa con riego por aspersión y superficial. In: Riegos en alfalfa. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Relación Agua-Suelo-planta-Atmósfera. 25-31.
- Saldaña, M. 1998. "Disponibilidad Hidráulica y su aprovechamiento en el DDR 017". VIII Congreso Nacional de Irrigación y III Seminario Internacional de transferencia de sistema de riego". ANEI, A.C. Memorias. Comarca Lagunera.
- SAGARPA. 1990-2009. Anuarios Estadísticos de la Producción Agropecuaria. Región Lagunera Coahuila-Durango, Cd. Lerdo, Dgo., México.
- Sifuentes F. I., Rios F. J. L., Meza H. C.A. y Ruiz T. J., 2002. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, Volumen 4 número 1. Junio-diciembre 2005. Artículo: Diagnóstico macroeconómico de la producción

- lechera en La Comarca Lagunera durante los años de 1980 al 2000. Bermejillo, Dgo., México.
- Torres M., M. A. 2010. Productividad física y monetaria del metro cúbico de agua de riego por bombeo en el cultivo de nogal pecanero (*Carya illinoensis*) en el Ejido y La Pequeña Propiedad en La Comarca Lagunera, México, de 1990 a 2006. Tesis profesional. Departamento de Suelos. U. A. Chapingo, Chapingo, Estado De México, México.
- Valdéz Pérezgazga, 2010. Investigador del SNI, profesor investigador del Instituto Tecnológico de La Laguna. Consulta directa.