

VALOR ECONÓMICO DEL AGUA Y ANÁLISIS DE LAS TRANSMISIONES DE DERECHOS DE AGUA EN DISTRITOS DE RIEGO DE MÉXICO

Economic Value of Water and Analysis of Water Rights Transfers in the Irrigation Districts of Mexico

Juan Enrique Rubiños-Panta^{1‡}, Miguel Ángel Martínez-Damián¹, Enrique Palacios-Vélez¹, Elizabeth Hernández-Acosta¹ y Ramón Valdivia-Alcalá¹

RESUMEN

Se presenta una metodología para estimar el valor económico del agua en módulos y distritos de riego, y un análisis de las transmisiones de derechos de agua entre módulos de riego. La investigación se aplicó para los Distritos de Riego (DR) 011 Alto Río Lerma, Guanajuato, y 017 Región Lagunera, Coahuila y Durango. Se estimó el valor económico del agua, evaluando su productividad marginal; para esto, se buscó modelos matemáticos que relacionan el beneficio neto agregado de los módulos de riego con factores de la producción, como volumen de agua, superficie y jornales utilizados. Se probaron las funciones Cobb-Douglas, Mitscherlich-Spillman y polinomiales. El beneficio neto se agregó, con base en el índice de agregación de Fisher, para las cantidades de producción, precios y costos de los cultivos en los distritos de riego estudiados. En el análisis de las transmisiones, se planteó un esquema de simulación para analizar la disposición de los módulos a adquirir volúmenes en función del precio, la superficie y los jornales. Los resultados mostraron que las funciones tipo Cobb-Douglas relacionan mejor el beneficio neto agregado con los factores utilizados; los valores del agua estimados en los DR fueron de \$173 y \$279 por 1000 m³, respectivamente; valores superiores a cuotas por servicio de riego y precios de agua (transmisión) de 2003. En cuanto a las transmisiones, el esquema de simulación planteado permitió identificar módulos que tienen mayor disposición a adquirir volúmenes de agua, como los módulos de Salvatierra, Cortázar y Salamanca en el DR 011 en intervalos de 3 a 12 millones de m³; y Vergel,

Coyote y La Marinera en el DR 017, en intervalos de 4 a 22 millones de m³.

Palabras clave. productividad, índice de agregación, beneficio neto, simulación.

SUMMARY

This work presents a method for estimating the economic value of water in irrigation modules and districts and an analysis of water rights transfers between irrigation modules. The research was conducted in irrigation districts (DR) 011 Alto Río Lerma, Guanajuato and 017 Región Lagunera, Coahuila and Durango. The economic value of water was estimated by evaluating marginal productivity using mathematical models that relate the added net profit to production factors, such as volume of water, area, and labor. The Cobb-Douglas, Mitscherlich-Spillman and polynomial functions were tested. Net profit was added with the Fisher index to quantities of production, prices, and costs of cultivation. For the analysis of transfers, a simulation scheme analyzing the disposition of modules to acquire volumes in function of prices, area, and labor was propounded. The results of the research showed that the Cobb-Douglas-type functions better relate added net profit to factors of production. The values of water estimated in the irrigation districts were \$173 and \$279 per thousand m³, respectively, values that are higher than the current fees for irrigation services and water prices. The proposed simulation scheme allowed identifying modules with greater disposition for acquiring volumes of water, such as in the Salvatierra, Cortazar, and Salamanca modules in the DR 011, from 3 to 12 million m³; El Vergel, Coyote, and La Marinera in the DR 017 from 4 to 22 million m³.

Index words: productivity, aggregation index, net profit, simulation.

¹ Colegio de Postgraduados, campus Montecillo. 56230 Montecillo, estado de México.

[‡] Autor responsable (jerpki@colpos.mx)

INTRODUCCIÓN

En México, se observa una transformación agraria que sigue las políticas de libre comercio; esta política permite comercializar los productos y recursos agrícolas, con la idea de que las fuerzas del mercado podrán influir en su mejor distribución, asignación y aprovechamiento.

Bajo un esquema de economía de mercado, la Ley de Aguas Nacionales permite la transmisión de derechos de agua. Considerando que el sector agrícola es el mayor consumidor de este recurso, resulta de gran importancia estimar el valor económico del agua o la disposición a pagar de los productores agrícolas por una unidad adicional de agua que sirva de referencia para fijar cuotas y precios del agua en las transmisiones de derechos. En este trabajo se presenta una metodología para estimar el valor económico del agua de riego en módulos y distritos de riego de México, así como el análisis de las transmisiones de derechos de agua entre módulos, en distritos de riego.

Existen diferentes criterios de valorar el agua, desde el punto de vista económico, social y ambiental; todos estos aspectos aportan parte de un valor total. El valor económico del agua puede estimarse desde el análisis de los costos por suministrarla, operarla y conservarla, o desde el análisis del uso productivo (Rogers *et al.*, 1998).

La metodología para estimar el valor del agua se basa en los análisis de las funciones que relacionan la producción o el beneficio obtenido con el agua utilizada y otros insumos empleados en la producción de uno o varios cultivos (Gibbons, 1986). Caballer y Guadalajara (1998) formularon procedimientos de toma de decisiones bajo distintos contextos, considerando el valor del agua como el costo de suministro o en función de la productividad física marginal, multiplicada por el precio del producto.

Existen otros tipos de metodologías para los diversos usos del agua, como el análisis conjunto, el método hedónico, el método contingente, entre otros (método residual, del costo de viaje) (Gayoso y Iroume, 2000). Para el uso agrícola, se considera que la variable básica para valorar el agua económicamente es saber cuánto beneficio neto se obtendría al utilizar un volumen adicional del agua, lo que se relaciona con la productividad marginal neta del agua, el cambio del ingreso neto y el método residual (Young, 1996).

Lee y Juravlev (1998) señalan que uno de los Principios de Dublín postula que “el agua tiene un valor

económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico. Si el agua es un bien económico, entonces su asignación podría regirse por el mercado”. Colby-Saliba (1987) manifestó que el incentivo para la transferencia o reasignación de agua se basa en la idea de que las ganancias económicas pueden ser capturadas por medio de la transferencia de agua de un uso de menor valor a un uso de más alto valor. Palacios-Vélez *et al.* (1998) mencionan que la transmisión de los derechos de agua no es algo nuevo, ya que se ha venido dando desde el momento en que se establecieron dichos derechos. Entre los usuarios de agua, las transacciones se realizan a través de la compra de derechos de agua para completar riegos; situación que se presenta en varios distritos de riego de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con información general de los distritos de riego, estadísticas de producción de los distritos y módulos por cultivo (de 1990 a 2000, para el caso de los distritos, y de 1993 a 2000, para los módulos), en cuanto a superficie, producción, rendimiento, precio medio rural, costos de producción y jornales. Asimismo, se consultaron las estadísticas hidrométricas para los volúmenes de agua utilizados (de 1990 a 2000).

El Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma se sitúa en la parte sur del estado de Guanajuato; comprende una extensión de 110 620 ha y 23 486 usuarios. El distrito está conformado por 11 módulos, cada uno de ellos constituidos en asociaciones civiles de usuarios y una Sociedad de Responsabilidad Limitada de Interés Público y Capital Variable que integra a todos los módulos del distrito.

El Distrito de Riego 017 Región Lagunera se ubica en el norte de México, en los estados de Coahuila y Durango. Éste agrupa 20 módulos de riego; 17 corresponden al río Nazas y tres al Aguanaval. Este estudio sólo considera a los 17 primeros, los cuales tienen una superficie física total de 193 937.71 ha, una superficie de riego de 87 408.88 ha, un volumen total concesionado de 976.657 millones de m³ y 33 325 usuarios.

El beneficio neto (BN) agregado en los distritos y módulos de riego se estimó utilizando números índices, para lo cual se hicieron las siguientes consideraciones. Sea el BN de un distrito de riego igual a:

$$BNDR_t = \sum_{i=1}^n BN_{it} \tag{1}$$

donde: $BNDR_t$ es el beneficio neto en el distrito de riego en un año t ; BN_{it} es el beneficio neto en el módulo i del distrito en un año t ; n es el número de módulos en el distrito de riego.

$$BN_{it} = \sum (P_{jt} Q_{jt} - C_{jt}/ha) S_{jt} \tag{2}$$

donde: BN_{it} es el beneficio neto del módulo i en el año t ; P_{jt} es el precio medio rural del cultivo j en el año t ; Q_{jt} es la cantidad producida por ha del cultivo j en el año t ; C_{jt}/ha es el costo por ha del cultivo j en el año t ; y S_{jt} es la superficie cosechada del cultivo j expresado en ha en el año t .

Para eliminar el posible efecto de precios, se construyó un índice de cantidad, dividiendo el beneficio neto para el índice de precios de Fisher. Esto se hizo porque es importante observar el cambio de beneficio neto ante un cambio del recurso agua utilizado. Como el beneficio neto en un módulo es la suma de los valores netos alcanzados, en una suma simple de estos beneficios es probable que exista un sesgo por agregación, por lo tanto, se construye un índice de cantidad implícito para el BN, el cual se expresa por:

$$\frac{\sum_{j=1}^n Q_{jt} P_{jt}}{IPF} = IQ = BN_{real} \tag{3}$$

donde: IPF es el índice de precios de Fisher.

Utilizando estas fórmulas, se hizo la agregación, tomando como año base 1993.

Modelos de Regresión Múltiple del Beneficio Neto Agregado con los Recursos Empleados

Partiendo de que el beneficio neto agregado es función de los recursos empleados:

$$BN = f(\text{Vol}, \text{Sup}, \text{Jor},) \tag{4}$$

donde: BN es el beneficio neto agregado, Vol es el volumen de agua utilizado, Sup es el área cosechada y Jor son los jornales empleados.

Se plantearon modelos como el Cobb-Douglas, Mitscherlich-Spillman y polinomiales:

$$BN = aX_1^b X_2^c X_3^d \tag{5}$$

$$BN = A(1 - e^{-c_1x_1})(1 - e^{-c_2x_2})(1 - e^{-c_3x_3}) \tag{6}$$

$$BN = a + bX_1 + cX_1^2 + dX_2 + gX_2^2 + kX_1X_2 + \dots + lX_n \tag{7}$$

Para estimar estos modelos, se usó el programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 1985). Los modelos estimados se examinaron para autocorrelación, multicolinealidad y heterocedasticidad para su validación.

Con la función de beneficio neto se estimó la productividad media; con la función de productividad marginal (derivada parcial de la función de beneficio neto agregado con respecto al recurso agua) se estimó la productividad marginal del agua para los módulos y distritos de riego, la cual se asume como el valor económico que los usuarios de riego le dan al agua.

Análisis de la Disposición de los Módulos a Comprar Volúmenes de Agua a Diferentes Precios

La disposición de los módulos (o usuarios) a comprar volúmenes de agua puede estimarse y simularse a partir de la función de demanda, asumiendo que ésta es representada por la relación productividad marginal y cantidad utilizada en cada módulo. Despejando la variable volumen de la función de productividad marginal y tomando el promedio de los otros recursos (superficie, jornales, etc.) utilizados por los módulos, se pueden considerar diferentes precios del agua y estimar los volúmenes a comprar. Esto puede expresarse de la forma siguiente:

$$Vol = \left(\frac{B_0 B_1^{Sup} B_2^{Jor} B_3}{Precio} \right)^{1/(1-B_1)} \tag{8}$$

Si se usan los valores de superficie y jornal promedio y se utiliza la fórmula anterior, se puede estimar la disposición de los módulos para adquirir volúmenes de agua a precios diferentes. Esto permite tener un esquema de simulación para la transmisión de derechos de los módulos en los distritos de riego. Para este análisis se asume que la productividad marginal del agua refleja el precio del agua en relación con el volumen a adquirir y se compara entre módulos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los modelos probados, el que estadísticamente se ajustó mejor fue el modelo de Cobb-Douglas, los parámetros pasaron las pruebas de F y de T, y alcanzaron consistencia; además, no presentaron autocorrelación, multicolinealidad y heterocedasticidad significativas. Los modelos tipo Mitscherlich-Spillman y polinomiales presentaron problemas de convergencia para el caso de los primeros y menor ajuste en los segundos ($R^2 =$ baja). La autocorrelación se verificó con el parámetro de Durbin-Watson, la multicolinealidad con los parámetros de condición entre variables, los cuales no fueron significativos, y la heterocedasticidad en función de la distribución de los cuadrados del error.

El modelo encontrado tipo Cobb-Douglas para el Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma fue:

$$BN = 54.59 VOL^{0.2462} SUP^{0.2937} JOR^{0.4080}$$

$$R^2 = 0.9258 \quad CV = 2.60 \quad DW = 1.34;$$

$$Index\ Condition = 1.0, 5.61, 3.11, 6.42$$

El modelo encontrado tipo Cobb-Douglas para el Distrito de Riego 017 Región Lagunera fue:

$$BN = 47.37 VOL^{0.4166} SUP^{0.2008} JOR^{0.065}$$

$$R^2 = 0.8977 \quad CV = 1.48 \quad DW = 1.49;$$

$$Index\ Condition = 1.0, 4.26, 2.71, 5.23$$

En el Cuadro 1 se observa la productividad media y marginal del agua de los módulos. Tomando el promedio de los últimos años, se tiene idea del valor económico del agua para los productores y la máxima disposición a pagar por el agua. Según los valores obtenidos con la productividad marginal, el valor máximo a pagar por una unidad adicional es igual a \$0.174 por m^3 . Este valor es 4.18 veces mayor que la cuota promedio establecida en los distritos de riego en México y 2.73 veces que la cuota establecida en el DR 011; el precio del agua en las transmisiones de derechos entre módulos representa sólo 13% del valor estimado.

En la Figura 1 se observa que para una demanda promedio de 7000 m^3 por ha, se tiene un valor de \$0.174 m^{-3} ; cuando exista mayor disponibilidad de agua, el valor de este recurso será menor y, por el contrario, a menor disponibilidad de agua, mayor valor. Este comportamiento de la productividad marginal se puede relacionar con la función de demanda-precio del agua. También debe mencionarse que el valor del agua

Cuadro 1. Productividad neta del agua en los módulos y DR 011 Alto Río Lerma.

Módulo	Productividad neta del agua (promedio 11 años)	
	Prod. media	Prod. marg.
	----- \$ m^{-3} -----	
Acámbaro	0.6464	0.1641
Salvatierra	0.6521	0.1655
Jaral	0.7004	0.1778
Valle	0.7280	0.1848
Cortázar	0.7129	0.1810
Salamanca	0.5424	0.1377
Irapuato	0.7689	0.1952
Abasolo	0.7072	0.1795
Huanimaro	0.6569	0.1667
Corralejo	1.0857	0.2756
Purísima	0.8886	0.2249
Promedio DR ponderado	0.6850	0.1739

depende del patrón de cultivos. En el DR 011, este patrón está constituido principalmente por cultivos básicos, en 89% de su área, y cultivos perennes y hortícolas, 4 y 5% de su superficie, respectivamente.

En el Cuadro 2, la productividad media y marginal neta del agua varían de módulo a módulo. El promedio de los últimos años da idea del valor económico del agua para los productores y la máxima disposición a pagar por la misma. Según los valores obtenidos con la productividad marginal del agua, el valor promedio para el distrito es de \$279.3 por 1000 m^3 . Este valor es 6.7 veces mayor que el promedio de cuotas de los distritos de riego en México, 7.12 veces mayor que el valor de la cuota en el DR 017. El precio del agua en las transmisiones equivale a 50% de este valor.

En la Figura 2 se observa que para un volumen promedio de 11 000 m^3 por ha, el valor del agua es de \$0.27 m^{-3} ; este valor se incrementa cuando hay menor

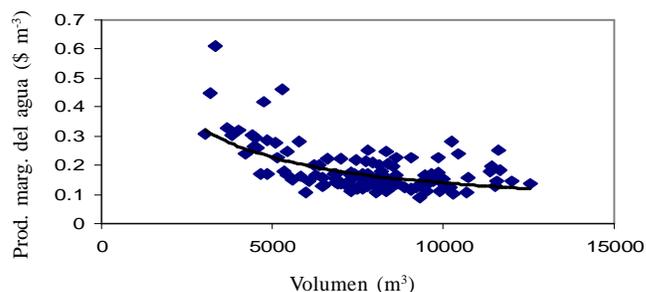


Figura 1. Productividad marginal neta del agua en los módulos vs. volumen por ha utilizado, en el DR 011 Alto Río Lerma.

disponibilidad y decrece a mayor disponibilidad de agua. El valor depende también del patrón de cultivos del DR 017, el cual está constituido por cultivos básicos en 14% de su área, 54% de forrajes, 18% de cultivos industriales y 8% de huerta. Los forrajes tienen mayor rentabilidad, por tal razón la productividad del agua es mayor en algunos módulos; asimismo, algunos módulos tienen hortalizas, lo que eleva la productividad del agua.

Análisis de las Transmisiones de Derechos en Módulos y Distritos de Riego

Para el análisis de las transmisiones de derechos, se simularon las transmisiones de derechos, tomando en cuenta la caracterización de éstas en los distritos de riego.

Los resultados de la simulación de los volúmenes posibles de comprar se presentan a continuación para los distritos de riego en estudio.

En la Figura 3 se presenta la disposición de los diferentes módulos a adquirir volúmenes de agua. Se observa una mayor disposición de los módulos Salvatierra, Cortázar y Salamanca (líneas a la derecha de la figura) y menor disposición de Corralejo,

Cuadro 2. Productividad neta del agua en los módulos y el DR 017 Región Lagunera.

Módulo	Productividad neta del agua (promedio 7 años)	
	Prod. media	Prod. marg.
	- - - - - \$ m ⁻³ - - - - -	
1 Rodeo	0.6968	0.2902
2 Nazas	0.6251	0.2604
3 Jerusalén	0.5140	0.2141
4 El Vergel	0.6861	0.2858
5 Brittigham	0.8708	0.3628
6 Tlahualilo	0.7410	0.3087
7 Torreón Coyote	0.9519	0.3965
8 Aforador de Riego	0.6957	0.2898
9 Coyote Buen Abrigo	1.0078	0.4198
10 Masitas	0.5935	0.2472
11 Jiménez	0.6011	0.2504
12 Aforador de Riego	0.4558	0.1899
13 La Marinera	0.6692	0.2787
14 Sta. Teresa	0.7106	0.2960
15 La Rosita	0.6180	0.2574
16 El Ancora	0.5858	0.2440
17 San Juan de Gpe.	0.5603	0.2334
Promedio DR ponderado	0.6707	0.2793

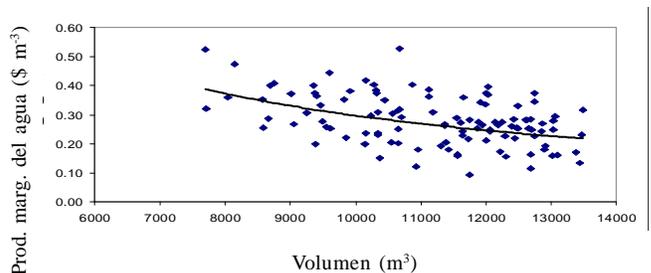


Figura 2. Productividad marginal neta del agua vs volumen por ha utilizado en los módulos, en el DR 017 Región Lagunera.

Huanimaro y la Purísima (líneas a la izquierda de la figura); también la mayor disposición de los módulos a comprar cuando los precios son bajos. Si el precio de venta es de \$180/1000 m³, los módulos Cortázar, Salvatierra y Salamanca podrían comprar hasta entre 4 y 5 millones de m³, y si el precio es menor comprarían mucho más. El módulo Acámbaro, que tradicionalmente vende, tiene una posición intermedia entre los módulos que más comprarían y los que menos comprarían, lo que puede tomarse como referencia para asumir que los módulos a la derecha de Acámbaro son los que comprarían y los módulos a la izquierda son los módulos que menos comprarían. Las estadísticas de transmisión de derechos muestran que los módulos que más compran volúmenes de agua son precisamente Salvatierra, Cortázar y Salamanca, debido a la superficie de los módulos, el número de usuarios y el índice de repetición de cultivos; asimismo, estos módulos han comprado volúmenes superiores, debido al bajo costo del agua.

En la Figura 4 se muestra la simulación para módulos del Distrito de Riego 017 y se observa que, a precios mayores de \$150/1000 m³, la disposición a comprar es sólo de 2 a 4 millones de m³; a precios más bajos, los volúmenes posibles a adquirir se incrementan. En ésta, también se observa que las líneas de los módulos que más compran se ubican en la parte derecha en la gráfica y que venden se ubican en la parte izquierda, aunque el orden de ubicación en estas líneas por los módulos no corresponde exactamente al orden de los que más compran y los que más venden; esta ubicación da idea de que los módulos están más dispuestos a comprar.

En el DR 017, según las estadísticas, los módulos que más venden son los Módulos 7, 6, 8 y 12 (líneas a la izquierda), los que más compran son los Módulos 4, 13, 9 y 5 (líneas a la derecha), tanto en derechos temporales como permanentes. Como las transmisiones en

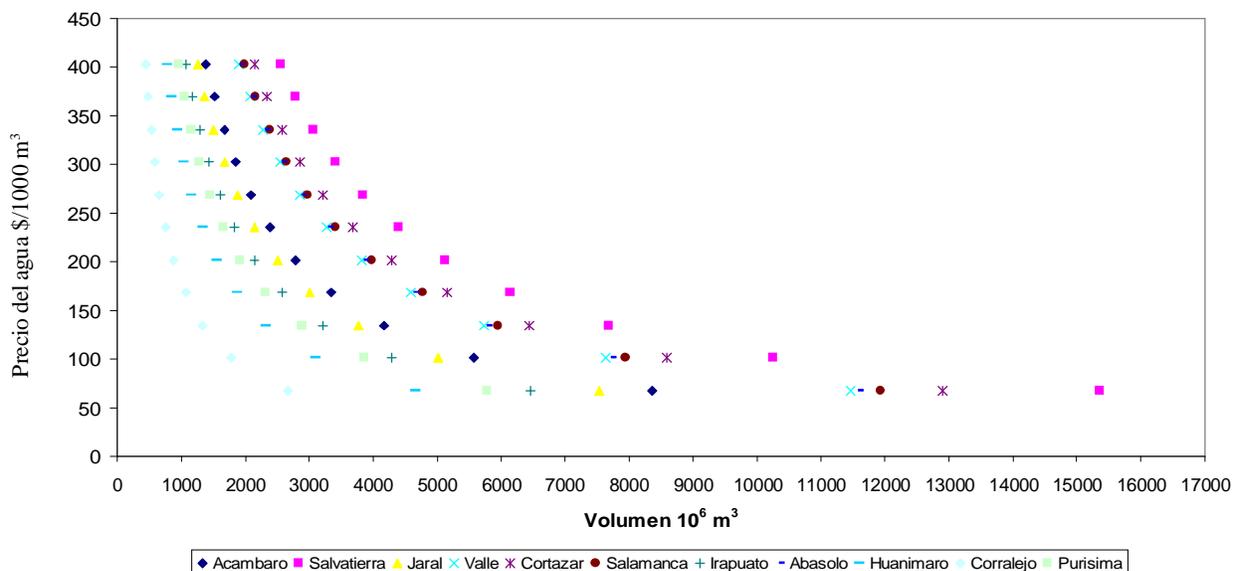


Figura 3. Resultados de la simulación de transmisión de derechos en el DR 011 Alto Río Lerma.

estos módulos se hacen bajo contrato directo de los productores, no se tienen muchos datos precisos de las transmisiones temporales entre módulos y menos de las transmisiones internas de los módulos. Sin embargo, las transmisiones permanentes (a 30 años) están registradas por el distrito de riego, lo que permite comprobar cuáles módulos compran y cuáles venden, coincidiendo con los resultados de la simulación; así, por la posición de las líneas puede identificarse a los módulos que venden y a los que compran. Los módulos que venden, por lo general, tienen cultivos más rentables, como hortalizas y forrajes, y los que venden tienen cultivos básicos, como trigo y maíz.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La productividad marginal neta del agua en los módulos permite estimar un valor del agua en el distrito, que es representativo para todos los módulos y permite tener una referencia para fijar cuotas y precios.
- Las cuotas y precios del agua son menores que el valor del agua estimado en este trabajo para los dos distritos de riego en estudio.
- El esquema de simulación planteado permite identificar a los compradores potenciales, dada una oferta adicional de volúmenes de agua.
- Es importante contar con información de estadísticas de la producción del módulo y el distrito de riego que

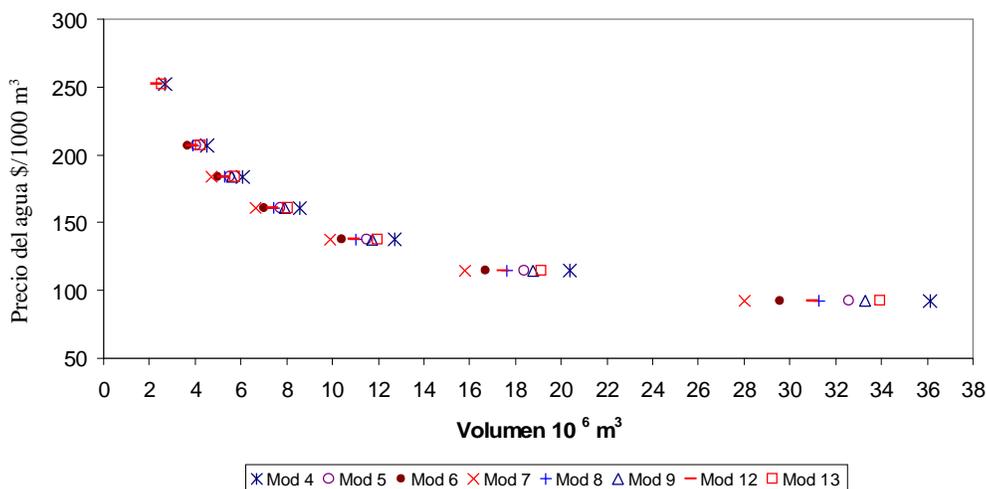


Figura 4. Resultados de la simulación de transmisión de derechos en el DR 017 Región Lagunera.

incluyan costos de producción, y validar esta información para tener mayor confiabilidad.

- Es posible aumentar las cuotas y el precio de transmisión de derechos de agua, dándole así mayor valor al agua, que incentive a conservarla y utilizarla mejor.

- Es necesario dar más información a los directivos y los usuarios sobre la importancia de valorar mejor el agua de riego y tratar el agua como un bien económico.

- Es necesario dar mayor información a los directivos y los usuarios de los módulos de riego sobre los objetivos, metas, alcances y requerimientos de un esquema de mercado de los derechos de agua.

- Es importante hacer un diagnóstico más detallado del valor del agua, considerando su valor social y ecológico.

LITERATURA CITADA

- Caballer, V. y N. Guadalajara. 1998. Valoración económica del agua de riego. Mundi Prensa. Madrid, España.
- Colby-Saliba, B. 1987. Water markets in theory and practice: Market transfers, water transfers, water values and public policy. Westview Press. Boulder, CO, USA.
- Gayoso, J. A. y A. Iroume. 2000. Catastro y localización de usos públicos no extractivos o usos *in situ* del agua. Universidad Austral de Chile y Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Santiago, Chile.
- Gibbons, D. C. 1986. The economic value of water. Resources for the Future Press. Washington, DC, USA.
- Lee, T. R y A. S. Juravlev. 1998. Los precios, la propiedad y los mercados en la asignación del agua. Serie Medio Ambiente y Desarrollo 6. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Palacios-Vélez, E., J. Chávez-Morales, A. Exebio-García y E. Rubiños-Panta. 1998. Problemas de segunda generación en los módulos y distritos de riego de México. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México.
- Rogers, P., R. Bhatia y A. Huber. 1998. Water as a social and economic good: how to put the principle into practice. Paper 2. Global Water Partnership/Swedish International Development Cooperation Agency. Stockholm, Sweden.
- SAS Institute. 1985. SAS/STAT guide for personal computers. Version 6. Cary, NC, USA.
- Young, R. 1996. Measuring economic benefits for water investments and policies. Technical paper 338. World Bank. Washington, DC, USA.