

## Mercado de derechos de agua para uso agrícola en el noroeste de México\*

### Water rights market for agricultural use in northwest Mexico

Lorenzo Fidel Cota-Verdugo<sup>1</sup>, Alfredo Beltrán-Morales<sup>2§</sup>, Enrique Troyo-Diéguez<sup>1</sup>, José Luís García-Hernández<sup>3</sup>, Luis Felipe Beltrán-Morales<sup>1</sup>, Víctor Ángel Hernández-Trejo<sup>2</sup>, Alfredo Ortega-Rubio<sup>1</sup> y Agustín Navarro Bravo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C. Mar Bermejo Núm. 195. Colonia Playa Palo de Santa Rita, C. P. 23090. La Paz Baja California Sur, México. Teléfono: 01 612 1238484, Fax: 01 612 253625. (fidel.cota@gmail.com), (etroyo04@cibnor.mx), (lbeltran04@cibnor.mx), (aortega@cibnor.mx). <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur km 5.5. A. P. 19-B, C. P. 23080. La Paz, Baja California Sur, México. Teléfono: 01 612 1238800, Fax 01 612 1238814. (victorh@uabcs.mx). <sup>3</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango. Domicilio conocido, Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. (josel.garciahernandez@yahoo.com). <sup>4</sup>Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Carretera México-Lechería km 18.5. Chapingo, México. C. P. 56230. Tel: 01 595 9546672. navarro.agustin@inifap.gob.mx. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: abeltran@uabcs.mx.

#### Resumen

El estado de Baja California sur, es una zona árida y la provisión de agua para la agricultura y demás usos, se sustenta en acuíferos subterráneos. La legislación en materia de agua se ha modificado acorde al problema evidente del crecimiento en el consumo, especialmente para uso agrícola, incluyendo la figura de mercados de derechos de agua. El objetivo de este trabajo, es buscar mecanismos de mercado que legalicen las transacciones de agua entre usuarios agrícolas, proponer la implementación de un mercado de derechos de agua, que promueva a través de precios de mercado, el uso eficiente de los intercambios de recurso. Se realizó en este estudio un análisis de varianzas entre los precios promedio de bloques de cultivos propuestos por la SAGARPA, y el método de variables que definen el mercado del agua y sus alternativas políticas. Se diseñó una encuesta bajo tres modalidades: (i) variables que definen los mercados de agua, (ii) variables ambientales y (iii) variables socioeconómicas. Se estudiaron siete variables y nueve alternativas. De los resultados encontrados en el análisis de varianzas, con una  $F=2.5026$  y una  $P$ -value de 0.7960, se encontró que no existen diferencias significativas entre las disposiciones a pagar por sobrantes o excedentes de agua entre ciclos agrícolas. En conclusión, los resultados indican que existe un potencial para la implementación de un mercado del agua.

#### Abstract

Baja California Sur is an arid area and, the provision of water for agriculture and other uses is based on underground aquifers. Water legislation has been modified according to the obvious problem of growth in consumption, especially for agricultural use, including the figure of water rights markets. The aim of this paper is to seek market mechanisms to legalize transactions between the agricultural users of water, proposing the implementation of a water rights market, promoting through market prices the efficient use of resource exchanges. An analysis of variance between the average prices of crops blocks proposed by SAGARPA, and the method of variables that define the water market and policy alternatives was made during this study. A survey was designed in three ways: (i) variables that define water markets; (ii) environmental variables; and (iii) socio-economic variables. Seven variables and nine alternatives were studied. From the results in the analysis of variance with  $F=2.5026$  and a  $p$ -value of 0.7960 it was found that, there were no significant differences between the provisions to pay for excess or surplus of water between agricultural cycles. In conclusion, the results indicated a potential for implementing a water market.

**Key words:** supply and demand, defining variables, price, market.

\* Recibido: junio de 2012  
Aceptado: enero de 2013

**Palabras clave:** oferta y demanda, variables definitorias, precio, mercado.

## Introducción

En los últimos años, cambio climático, la intensificación del uso del agua en la agricultura, el crecimiento de la población y el aumento de las necesidades para consumo humano han convertido al recurso hídrico en un bien más escaso y caro (Frederick y Schwarz, 1999; Lane *et al.*, 1999; Vörösmarty *et al.*, 2000; Godínez *et al.*, 2006; Milly *et al.*, 2008; Brekke *et al.*, 2009). El agua es un recurso estratégico que tiene valor económico e importantes funciones ecológicas y sociales (Solanes y Dourojeanni, 1996; Postel 1996; Turton y Ohlsson 1999; Gleick 2003; Niasse 2005).

Si el agua es un bien económico, entonces su asignación podría regirse por el mercado, el creciente interés en los mercados de agua ha surgido del reconocimiento de que los mecanismos de mercado puede promover la eficiencia económica a través de los usos que compiten por una variedad de recursos naturales (Lee y Juravlev, 1998; Stavins, 2007). Las sequías aunque es difícil afirmar cuando inician o cuando terminan, se les reconoce más por los efectos que por sí misma (Velasco, 2006), también el uso inadecuado del agua en los sistemas de producción agrícola y la falta de tecnologías adecuadas, han causado que las cuencas hidrológicas se deterioren y reduzcan su volumen y equilibrio; en consecuencia que el agua se agote.

La sobreexplotación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos ha originado un impacto significativo en el ambiente. El uso sustentable del agua debe asegurarse en conjunto con la sociedad. Esto significa que cada sociedad asumirá los costos necesarios para lograrlo, lo que podrá llevar el desarrollo al límite del uso del recurso (Godínez, 2006).

En México, los intereses económicos sobre la política hídrica suponen ser más relevantes que los intereses sociales y ambientales; en un futuro, los precios que se pagarán para tener acceso al agua, serán muy altos.

El acceso al agua en México depende de una distribución geográfica asimétrica, en la región del sureste se precipita 70% con 20% de la población; mientras que en las regiones norte, noroeste y el altiplano solo precipita 9% del total y beneficia a 75% de la población (CESPEDES, 1998).

## Introduction

In the recent years, climate change increased water use in agriculture, the population growth and increasing needs for human consumption to water resources have become a rather more scarce and expensive as well (Frederick and Schwarz, 1999; Lane *et al.*, 1999; Vörösmarty *et al.*, 2000; Godínez *et al.*, 2006; Milly *et al.*, 2008; Brekke *et al.*, 2009). Water is a strategic resource that has economic value and important ecological and social functions (Solanes and Dourojeanni, 1996; Postel, 1996; Turton and Ohlsson, 1999; Gleick, 2003; Niasse, 2005).

If water is an economic good, then the allocation may be governed by the market, the growing interest in water markets has emerged from the recognition that the market mechanisms can promote economic efficiency through competing uses for a variety natural resources (Lee and Juravlev, 1998; Stavins, 2007). Droughts even though it's difficult to say when they start or when they finish are recognized more by the effect itself (Velasco, 2006), also the inappropriate use of water in agricultural production systems and the lack of appropriate technologies have caused that watershed deterioration and reduce their volume and balance, and consequently the water runs out.

The overexploitation of surface and ground water resources has led to a significant impact on the environment. The sustainable use of water must be secured together with the society as a whole. This means that each company will bear the costs to do that, which will bring development to limit resource use (Godínez, 2006).

In Mexico, the economic interests on water policy is supposed to be most relevant for social and environmental interests, in the future, the price to be paid for access to water, will be quite large.

Access to water in Mexico depends on asymmetric geographical distribution in the southeast plunges 70% to 20% of the population, while in the north, northwest and the plateau only 9% of total precipitation and benefits 75 % of the population (CESPEDES, 1998).

Property rights in Mexico are considered in the National Water Act, Article 64 (DOF, 1994). It is distinguished the figure of water rights markets. It represents an alternative

Los derechos de propiedad en México están considerados en la Ley de aguas nacionales en el artículo 64 (DOF, 1994). Se distingue la figura de mercados de derechos de agua. La misma representa una alternativa para el uso eficiente y racional del recurso en zonas áridas al fomentar un precio de mercado por la transferencia de volúmenes de agua entre usuarios de la misma cuenca hidrográfica.

La creación de mercados de derechos de agua ofrece ventajas potenciales para la asignación eficiente del agua; su efectividad depende de que las características del mercado se aproximen a aquellas del paradigma competitivo, esto es, que se ajuste a las leyes de mercado (Dourojeanni y Jouravlev, 1999; Venkatachalam, 2008). El mercado de derechos de agua está considerado una buena alternativa para optimizar el uso de los recursos escasos. También provee mecanismos para posponer obras costosas mediante la reasignación de las disponibilidades de agua existentes mediante su asignación, por un precio, a usos de rentabilidad superior (CEPAL, 1995).

Un mercado de derechos de agua se define como “todo marco institucional en virtud del cual los titulares de derechos sobre el agua están autorizados, respetando las reglas establecidas al respecto, a cederlos voluntariamente a otro usuario a cambio de una compensación económica” (Sumpsi *et al.*, 1998).

Mediante la oferta y la demanda se ajustan los precios llevándolos a un horizonte de eficiencia económica, es decir, los ajustes de precio deberán estar dados por un mecanismo natural de precios (Bravo y Ortiz, 2000).

El objetivo de éste trabajo es proponer la implementación de un mercado de derechos de agua para uso agrícola en el Valle de Santo Domingo, Baja California Sur, México.

## Materiales y métodos

**Localización.** El Valle de Santo Domingo se encuentra ubicado en el municipio de Comondú; está situado geográficamente en la parte central del Estado de Baja California Sur, entre los meridianos 110° 52' 07" y 112° 47' 11" al oeste del meridiano de Greenwich y entre los paralelos 23° 35' 25" y 26° 24' 16" de latitud norte. (SARH, 1989). Se caracteriza al igual que el resto de las regiones del estado por ser de clima árido. Figura 1.

to the efficient and rational use of the resource in arid to encourage a market price by transferring volumes of water between users of the same watershed.

The creation of water rights markets offer potential advantages for the efficient allocation of water, its effectiveness depends on market characteristics approaching a competitive paradigm that is, conforming to the laws of the market (Jouravlev and Dourojeanni, 1999; Venkatachalam, 2008). The market for water rights is considered a good alternative to optimize the use of scarce resources. It also provides mechanisms to postpone expensive works by reallocating existing water availability by assigning for a price, to outperform applications (CEPAL, 1995).

A water rights market is defined as "any institutional framework under which the holders of water rights are authorized, subject to the rules specified for it, to transfer them to another user voluntarily in exchange for financial compensation" (Sumpsi *et al.*, 1998).

Through supply and demand, the prices are adjusted by taking them to a horizon of economic efficiency, *i.e.*, price adjustments must be given by a natural price mechanism (Bravo and Ortiz, 2000).

The aim of this paper is to propose the implementation of water rights market for agricultural use in the Valle de Santo Domingo, Baja California Sur, Mexico.

## Materials and methods

**Location.** Valle de Santo Domingo is located in the municipality of Comondú geographically located in the central part of the State of Baja California Sur between meridians 110° 52' 07" and 112° 47' 11" west and between parallels 23° 35' 25" and 26° 24' 16" north latitude (SARH, 1989).

The increased water consumption in the region is for farming, about 70% and the remaining 30% is divided between the livestock uses, domestic and industrial.

**Analysis of variance.** Sectioned for this analysis by type of crop; according to the methodology of SAGARPA in: basic, industrial, vegetables and perennial forages, we obtained the price ranges of the willingness to pay (WTP) for crop type.

El mayor consumo de agua en la región se destina a la actividad agrícola; cerca de 70% y el restante 30% se divide entre los usos pecuarios, domésticos e industriales.

**Análisis de varianzas.** Para este análisis se seccionó por tipo de cultivo, de acuerdo a la metodología de la SAGARPA en: básicos, industriales, hortalizas, forrajes y perennes. Se obtuvieron los rangos por precio de las disposiciones a pagar (DAP) por tipo de cultivo.

**Modelo de variables definitorias de los mercados de agua.** Se utilizó el modelo de variables definitorias de los mercados de derechos de agua y sus alternativas políticas: consistente en 1) asignación inicial de derechos transferibles; 2) duración de los derechos del uso del agua; 3) forma de transferencia de derechos; 4) sistemas asignativos del agua en períodos de escasez; 5) tratamiento de la información de mercado; 6) tratamiento de las externalidades; y 7) los instrumentos para solucionar las imperfecciones de mercado.

**Alternativas.** Para la obtención de los datos se diseñó una encuesta mixta que incluye preguntas abiertas y cerradas en tres vertientes: 1) variables definitorias de los mercados de agua; 2) variables ambientales; y 3) variables socioeconómicas (Álvarez y Gómez-Limón, 2001).

### Variables definitorias.

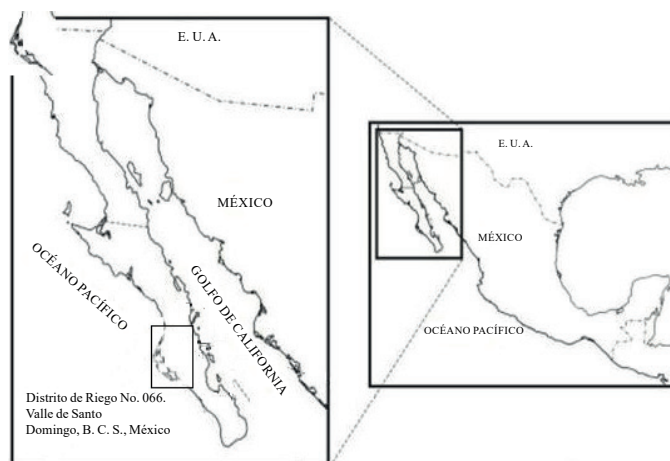
**Asignación inicial de derechos transferibles.** Se formuló una encuesta con preguntas referentes a la asignación inicial de los derechos transferibles. Los temas de preguntas fueron: sistema de derechos adquiridos, subastas y sistema de asignación mixto.

**Duración de los derechos del uso del agua.** Para la obtención de información referente a esta variable, los temas que se abordaron fueron con respecto a la temporabilidad de los derechos del uso del agua: permanentes y temporales.

### Forma de transferencia de derechos.

Con respecto a esta variable, se diseñaron preguntas que consideraron, la venta, el arrendamiento, los contratos de opción y la posibilidad de realizar inversiones en equipos de capital.

**Sistemas asignativos del agua en períodos de escasez.** Estos sistemas se explican mediante la aplicación de normas, para este efecto las variables que se consideraron fueron: norma prioritaria y norma proporcional.



**Figura 1. Zona de estudio.**

**Figure 1. Study area.**

**Model variables defining water markets.** The models were used for defining variables of water rights markets and policy alternatives: consisting of 1) initial allocation of transferable rights; 2) duration of water use rights; 3) Transfer of rights form; 4) water allocative systems in times of shortage; 5) treatment of market information; 6) treatment of externalities; and 7) the tools to solve market imperfections.

**Alternatives.** In order to obtain the data we designed a mixed survey that includes open and closed questions in three areas: 1) defining variables of water markets; 2) environmental variables; and 3) socioeconomic variables (Álvarez and Gómez-Limón, 2001).

### Defining variables

**Initial allocation of transferable rights.** A survey was made with questions relating to the initial allocation of transferable rights. The topics of the questions were: acquired rights system, auctions and mixed allocation system.

**Duration of water use rights.** In order to obtain information concerning this variable, the issues discussed were regarding the seasonality of water use rights: permanent and temporary.

### Transfer of rights

With respect to this variable we designed questions considering the sale, lease, option contracts and the ability to invest in capital equipment.

**Tratamiento de la información de mercado.** Se consideraron las siguientes variables: homogenización de la información, posibilidades de intermediación privada y el establecimiento de agencias de transacción.

**Tratamiento de las externalidades.** Se consideraron los efectos sobre la zona de origen a través de compensación monetaria y el control público de las transferencias.

**Instrumentos para solucionar las imperfecciones de mercado.** Para la explicación de esta variable, se tomaron del modelo lo referente a la doctrina de uso beneficioso y la norma de pertenencia. No se incluyó la alternativa relacionada con consideraciones de costos de transporte, donde se especifican las infraestructuras de obras de transporte y almacenamiento de aguas. En el Distrito de Riego No. 066, no existen cuerpos de agua superficiales u otra infraestructura que implique la conducción del agua de diferentes fuentes. El agua se negociará bajo la modalidad de extracción de volúmenes en pozo de origen.

### Variables ambientales

**Reservas de agua.** Se consideró para esta variable la pertinencia de respetar la reserva de agua para la conservación del acuífero, y utilizar la asignada en los títulos de concesión como insumo de mercado para las transferencias entre usuarios.

**Problemas de escasez.** Se observó para el tratamiento de esta variable, la definición de uso más importante para el agricultor, a través de una norma prioritaria; o una repartición de volúmenes de agua en función del número de derechos a través de una norma proporcional.

**Disponibilidad del recurso.** Conocer por todos los usuarios: disponibilidad, precio, uso, duración de derechos, costo, a través de información homogénea; la participación de intermediarios a través de la intermediación privada; establecer agencias de transacción o lugares donde se compre y se venda agua.

**Regulación de las transacciones.** Para explicar esta variable, se consideró la utilización de normas de pertenencia donde la transferencia del derecho es junto con la tierra. La doctrina de uso efectivo y beneficioso, que considera comprar o vender derechos del mismo tipo y para el mismo uso. La tarificación, que considera poner impuestos al derecho por tipo de uso: urbano, agrícola o industrial y no por volumen asignado.

**Allocative systems water in times of shortage.** Such systems are explained by applying rules to this effect variables considered were: proportional priority rule and standard.

**Information processing market.** Following variables were considered: homogenization of information, possibilities of private intermediary agencies and establishing transaction.

**Treatment of externalities.** The effects considered were the source zone through monetary compensation and public control of transfers.

**Instruments to address market imperfections.** For the explanation of this variable from the model were taken the beneficial use doctrine and the rule of belonging. Not included alternative considerations related to transportation costs, which specify the transport infrastructure and water storage. The Irrigation District No. 066, there are no surface water or other infrastructure that involves channeling water from different sources. The water will be negotiated in the form of extraction pit volumes in origin.

### Environmental variables

**Water reserves.** For this variable, it was considered relevant to respect the water reserve for the conservation of the aquifer, and use the allocated grant titles as input market to transfers between the users.

**Shortages.** It was observed for the treatment of this variable, the definition of most important use for the farmer, through a priority rule, or a distribution of volumes of water depending on the number of rights through a proportional rule.

**Resource availability.** Knowing by all the users: availability, price, use, duration of rights, cost, through homogeneous information, the involvement of intermediaries through private mediation, establish agencies transaction or where buy and sell water.

**Transaction regulations.** In order to explain this variable, we considered the use of standards where the transfer of ownership is right with the land. The doctrine of effective and beneficial use, consider buying or selling rights of the same type and for the same use. Pricing, which considers the right to tax by type of use: urban, agricultural or industrial, not volume assigned.

## VARIABLES SOCIOECONÓMICAS

**Rango de edad.** Se acotó a través de bloques la edad de los entrevistados.

**Escolaridad.** Se delimitó el grado de escolaridad con que cuentan los encuestados.

**Ocupación.** Se determinó a qué tipo de ocupaciones remuneradas se dedica la población encuestada.

**Ingresos económicos.** Se definió mediante bloques de ingresos el promedio de entradas de dinero a los productores.

**Lugar de origen.** Se estableció el origen de los encuestados para obtener la información de sus raíces: locales o foráneas.

## ANÁLISIS DE VARIABLES

Se aplicaron 77 encuestas tal como se describe en la (Cuadro 1.) La actividad agrícola está dividida en seis ejidos, nueve colonias y un bloque conformado por los funcionarios del agua, quienes representan la política institucional a nivel federal a través de Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), y la representación de la actividad agrícola constituida por el titular del distrito de SAGARPA.

### Cuadro 1. Colonias y ejidos encuestados.

Table 1. Colonies and ejidos surveyed.

	Clave	Colonia/ejido/autoridad	No. encuestas	(%)	
1	Ley Federal de aguas No. 1	LFDA1	Ejido	6	8
2	Ley Federal de aguas No. 2	LFDA2	Ejido	2	3
3	Villa Hidalgo	VH	Colonia	4	5
4	Matancitas	MT	Ejido	10	13
5	Cuitláhuac	CHC	Colonia	2	3
6	Las Margaritas	MA	Colonia	5	6
7	Granados	GR	Ejido	1	2
8	El Romerillo	RO	Colonia	3	4
9	Ley Federal de aguas No. 5	LFDA5	Ejido	7	9
10	Revolución Mexicana	RE	Colonia	4	5
11	Galeana	GA	Colonia	7	9
12	María auxiliadora	MAX	Colonia	8	10
13	Santo Domingo	SD	Ejido	8	10
14	Mexicali	ME	Colonia	3	4
15	Sinaloa	SI	Colonia	4	5
16	Funcionarios del agua	FA	CNA, SAGARPA Y ASOCIACION DE USUARIOS	3	4
Totales				77	100

## SOCIOECONOMIC VARIABLES

**Age.** The age of respondents.

**Education.** Delimited class grade that respondents have.

**Occupation.** Determined with the type of paid work engaged by the population.

**Income.** Defined by the average revenue blocks of incoming money to producers.

**Place of origin.** Established the origin of the respondents to obtain information from its roots: local or foreign.

## ANALYSIS OF VARIABLES

77 surveys were applied (Table 1). Agricultural activity is divided into six ejidos, and a block nine colonies formed by water officials, who represent institutional policy at the federal level through the National Commission of Water (CONAGUA), and the representation of farming formed by the district head of SAGARPA.

At the regional level met the head of the Water Users Association in Irrigation District No. 066, who is of significant importance in the allocation of volumes to each user.

A nivel regional se entrevistó al titular de la Asociación de Usuarios del Agua en el Distrito de Riego No. 066, quien tiene una importancia significativa en la asignación de volúmenes a cada usuario.

## Resultados y discusión

En general, el estudio y los resultados de la encuesta, nos muestra un mercado de derechos de agua más dinámico del esperado, en las transacciones entre usuarios del recurso de este distrito de riego. Fortis y Rhodante (2006) encontraron en los resultados de sus estudios que existe en la práctica un mercado de agua; sin embargo, este tiene fallas que se manifiestan como un grado de insuficiente de competitividad.

La estructura agraria se caracteriza por su bimodalidad, o sea, por la coexistencia de unidades de producción capitalizadas, y por otra parte, predios familiares de producción de autoconsumo y con asignaciones pequeñas de tierra, lo que ha acelerado aun mas este comercio. Los ranchos, ejidos, colonias y participantes de la actividad agropecuaria, dependen de esta forma de transacción para satisfacer sus necesidades. El 100% de los encuestados concluyen en la existencia de un mercado de agua no regulado para satisfacer sus necesidades de agua en los dos ciclos agrícolas del año. Al respecto, Rubiños *et al.* (2006), explica que en épocas de escasez, se puede presentar una reasignación del uso del agua a través de un mercado hacia actividades más rentables y a productores más eficientes. La trasmisión de los derechos se presenta desde hace años, pero últimamente se ha incrementado por la escasez del recurso y porque la Ley de Aguas Nacionales de 1994 contempla esta trasmisión.

Por el lado de la oferta, resulta ser un mercado totalmente dinámico, los usuarios del agua y en función de la dotación asignada por la CONAGUA, ofertan sus excedentes al mercado por varias razones: primero, no sembrar en alguno de los periodos existentes, una segunda razón importante es que el beneficio de la venta supera al beneficio esperado de la siembra mediante el análisis previo de precios de mercado, tercera razón importante la demanda de agua de ranchos agrícolas privados que generalmente vienen de otros estados, es una fuente de demanda permanente, Hearne (2007), comenta que las transacciones entre usuarios se dan en un mercado no regulado y se establecen los precios a libertad del oferente o el demandante. Para que este mercado funcione de manera eficiente Hearne y Donoso (2005), indican que

## Results and discussion

Overall, the study and the results of the survey showed a water rights market quite more dynamic than expected, in transactions between resource users of this irrigation district. Fortis and Rhodante (2006) found in their study results in practice a water market, but it has flaws that manifest as an insufficient degree of competitiveness.

The agrarian structure is characterized by bimodality, *i.e.*, by the coexistence of capitalized production units, and on the other hand, family farms and subsistence production with small allocations of land, which has further accelerated this trade. Ranches, ejidos, colonies and participants from farming dependent on this form of transaction to meet their needs. All the respondents conclude on the existence of an unregulated water market to meet their water needs in the two growing seasons of the year. In this regard, Rubiños *et al.* (2006) explains that in times of scarcity, there may be a reallocation of water use through a market towards more profitable and more efficient producers. The transmission of rights is presented for years, but lately has been increased by the scarcity and because the National Water Act of 1994 provides for this transmission.

On the supply side, the market appears to be completely dynamic, and water users in terms of the allocation given by the CONAGUA sell their surplus to the market for several reasons: first, not to grow into one of the existing periods, a second important reason is that the profit of the sale exceeds the expected benefit of planting by prior analysis of market prices, third important reason water demand of private agricultural farms usually come from other States, is a source of permanent demand, Hearne (2007), said that users transactions occur in an unregulated market and prices are set to release the seller to the plaintiff. For this market to function efficiently Hearne and Donoso (2005) indicated that, the government's intervention and regulatory institution should be the mechanism to arbitrate sale purchase transactions.

On the demand side, there are a number of users that the amount they have in their rights and the number of farms that exploit is not enough to meet their expectations and turn to seed market mechanisms to meet their needs, buying the quantities they need and that the market is willing to offer at a fixed price. However, not being a market controlled by the

la intervención del gobierno como institución reguladora deberá ser el mecanismo que arbitre las operaciones de compra venta.

Por el lado de la demanda, existe una serie de usuarios que la cantidad que poseen en sus derechos y el número de ranchos que explotan no es suficiente para cumplir con sus expectativas de siembra y recurren a los mecanismos de mercado para satisfacer sus necesidades, comprando las cantidades que necesitan y que el mercado está dispuesto a ofrecer a un precio determinado. Sin embargo, al no ser un mercado controlado por la autoridad, los precios de transacción son variables y genera escenarios poco eficientes; condicionando la venta a aquellos compradores con mayor poder económico.

García *et al.*, menciona que como consecuencia de un aumento en el precio, la demanda de agua disminuye en cada sector consumidor para llegar a un nuevo equilibrio; continúa diciendo que el precio del agua en el sector agrícola de riego por bombeo podría aumentar si se eliminan los subsidios existentes en la tarifa de energía eléctrica aplicada a la agricultura. Tal aumento encarecería el uso del recurso, induciendo al productor a la adopción de una tecnología ahorradora de agua, o a un cambio en la estructura productiva del sector.

De los datos obtenidos en la encuesta se determinó que existen necesidades de volúmenes de agua superiores a las programadas en los dos periodos de siembra, el primavera-verano que comprende los meses de marzo a septiembre y el otoño-invierno que va desde octubre a febrero, en éste ciclo de siembra se entrega a cada usuario con título de concesión, 100% de la dotación que le corresponde y que deberá repartir en los dos periodos de siembra del año. De esta manera en el ciclo otoño-invierno, todos los agricultores poseen agua suficiente para cumplir con sus compromisos de manera normal, excepto aquellos que sus superficies de siembra proyectada rebasa la cantidad de agua necesaria para regarla, éstos, solucionan el problema comprando agua a aquellos usuarios que están dispuestos a vender parte o el total del recurso.

### **Análisis de varianza**

En el análisis de varianzas, con una  $F$  de 2.5026 y una  $P$ -value de 0.7961, no existen diferencias significativas entre los precios del consumo de agua para los diferentes grupos de cultivo. No hay un mercado definido (Cuadro 2).

authority, the transaction prices are variable and generates inefficient scenarios; conditional sale to buyers with greater economic power.

García *et al.* (2006) mentions that as a result of an increase in price, water demand in each sector decreases, the consumer reach a new equilibrium to continue that, the price of water in agriculture irrigation pumping could increase if eliminating existing subsidies in electricity tariff applied to agriculture. This increase will make the resource use even more expensive, leading the producer to the adoption of water saving technology, or a change in the production structure of the sector.

From the data obtained in the survey, it was found that the needs to higher water volumes in the two periods scheduled planting the spring-summer which covers the months from March to September and the autumn-winter season that runs from October to February, in this cycle of planting provides each user with concession, 100% of the endowment and it deserves to be spread in the two planting periods of the year. Thus in the autumn-winter, all the farmers have sufficient water to meet its commitments in the normal way, except those whose projected crop area exceeds the amount of water needed to irrigate it, they solve the problem by buying water users who are willing to sell some or all of the resource.

### **Analysis of variance**

In the analysis of variance, with an  $F$  of 2.5026 and a  $p$ -value of 0.7961, no significant differences between the consumer price of water for different culture groups was found. There is a distinct market (Table 2).

It is expected also that by selling surplus or shortage of water, the price per million cubic between vegetables and fodder greater, *i.e.* the willingness to pay (WTP) for  $Mm^3$  extra water is higher than for basic and perennial. DAP shortage in times of very high and should be reflected in the market. With no formal structure does not reflect this price. Nor rained, one would expect that the DAP was also higher in the spring and summer because no delivery of provisions, water is scarce in this cycle allocations are delivered in the autumn-winter and weather conditions are more intensive the spring-summer. This condition is not reflected in the informal market that exists.

Is expected for each crop group that the water prices were differentiated, for example between forage and basic due to the intensity of use, for basic average



**Cuadro 2. Análisis de varianzas.****Table 2. Analysis of variance.**

Origen de las variaciones	Grados de libertad	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4	0.416659645	0.796082569	2.502656463
Total	4			

Se esperaría también, que al vender excedentes o faltantes de agua, el precio por Mm<sup>3</sup> entre las hortalizas y los forrajes fuera mayor, es decir, la disposición a pagar (DAP) por Mm<sup>3</sup> extras de agua fuera mayor que para básicos y perennes. La DAP en tiempos de escasez debería ser muy alta y reflejarse en el mercado. Al no existir esta estructura formal no refleja los precios. Tampoco la temporalidad, se esperaría también que la DAP fuera más alta en el primavera-verano porque no hay entrega de dotaciones, el agua en este ciclo es escasa las dotaciones se entregan en el ciclo otoño-invierno y las condiciones climáticas son más intensivas en el primavera-verano. Esta condición no se refleja en el mercado informal que existe.

Se esperaría que para cada grupo de cultivos el precio del agua fuera diferenciado por ejemplo entre los forrajeros y los básicos debido a la intensidad de uso, para los básicos el precio promedio fue de \$1 972.00, para cultivos industriales de \$1 937.50, para las hortalizas \$1 750.00, de \$2 500.00 para cultivos forrajeros y \$1 789.41 para los cultivos perennes, por cada Mm<sup>3</sup> vendido en el mercado, esto no refleja la importancia como bien escaso (Cuadro 3).

price was \$ 1 972.00, for industrial crops \$ 1 937.50, for vegetables \$ 1 750.00 \$ 2 500.00 for forage crops and \$ 1 789.41 for perennial crops, for every million cubic sold in the market, this does not reflect the importance and scarce (Table 3).

**Defining variables and policy alternatives**

As for the initial allocation of tradable rights, the origin of the right is related to an acquired rights system, 88.3% of owners obtained its license, directly from CONAGUA, 10.4% and 1.3% by inheritance by other means (purchase to third parties).

The 37.7% suggested that, the duration of transferable rights is limited to the temporality that the law grants to a permanent state of law, 30 years. 7.8% believe that rights can take different time segments, from 1 to 30 years and 54.5% finally decided that the best option to determine the duration of water use is for agricultural cycle.

**Cuadro 3. Análisis de precios promedio por grupos de cultivo en los ciclos primavera-verano y otoño-invierno.****Table 3. Analysis of average prices for groups of crop cycles spring-summer and autumn-winter.**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Precio básicos	27	53250	1972.222222	876602.5641
Precio industriales	4	7750	1937.5	1265625
Precio hortalizas	3	5250	1750	1687500
Precio forrajes	3	7500	2500	0
Precio perennes	38	68000	1789.473684	1177453.77

**Variables definitorias y alternativas políticas**

En cuanto a la asignación inicial de derechos transferibles, el origen del derecho está relacionado con un sistema de derechos adquiridos, 88.3% de los propietarios obtuvieron su título de concesión, directamente de CONAGUA, 10.4% por herencia y 1.3% por otra vía (compra a terceros).

46.8% of the respondents determined that, the best way to transfer volumes of water through the entire sale right here maximizes the sale of water to obtain the highest and best market price. Other options also represent profitable market figures but the economic benefit is less. Although the total sale of the right represents the best option, the most common transactions partial sales occur in the right, that is, a portion of which consider volume users will not use.

El 37.7% sugiere que la duración de los derechos transferibles se limite a la temporalidad que la ley otorga como un estado permanente del derecho, 30 años. El 7.8% opina que los derechos temporales pueden tomar diferentes segmentos, entre 1 y 30 años; y finalmente 54.5% decide que la mejor opción para determinar la duración de uso del agua sea por ciclo agrícola.

El 46.8% de los encuestados, determina que la mejor manera de transferir volúmenes de agua es a través de la venta total del derecho, aquí maximiza la venta del agua obteniendo el mejor y más alto precio de mercado. Las otras opciones representan también figuras rentables de mercado pero el beneficio económico es menor. Aunque la venta total del derecho representa la mejor opción, las transacciones más comunes se dan en ventas parciales del derecho; es decir, una parte de volumen que consideran los usuarios que no van a utilizar.

Los sistemas asignativos tienen como finalidad proporcionar seguridad, así la norma prioritaria asigna volúmenes de agua a partir de la antigüedad del derecho, 75.3% opina que es la medida correcta en periodos de escasez, la norma proporcional asigna volúmenes de agua en función de la cantidad de agua disponible en las cuencas y los usuarios sin importar la antigüedad de su derecho reciben el mismo tratamiento. El 24.7% estuvo de acuerdo con este tipo de asignación.

La dificultad del mercado estriba en conocer el valor del agua, entendiendo el costo de oportunidad llevándola a la mejor alternativa de uso, la información homogénea relacionada con los precios y volúmenes disponibles en el mercado es difícil de obtener, 10.4% opina que no sabe quién demanda o quién oferta el recurso en cada periodo de siembra.

La alternativa que proponen como viable, es la existencia de agencias de transacción, es decir, un lugar físico donde se concentre la información de oferentes y demandantes y los derechos como insumos de mercado. Los volúmenes de agua que son factibles de negociar en el mercado, estarán disponibles en estas agencias, donde podrán acudir compradores o vendedores, según sea la necesidad, el 89.6% de los encuestados decide que es la mejor opción.

Uno de los problemas asociados a la compra de derechos de agua es el monopolio, una forma de mercado que significa la concentración de derechos de agua en una sola figura. Para tratar este problema, la Norma de pertenencia, es un instrumento que propone el modelo para solucionar las

Allocative systems are designed to provide security and priority assigned standard volumes of water from the old law, 75.3% think it is the right thing in times of scarcity, the standard volumes of water allocated proportionally based on the amount available water in the basins and users regardless of the age of their right receive the same treatment. 24.7% agreed with this type of assignment.

The difficulty lies in determining the market value of water, understanding the opportunity cost of taking it to the best alternative use, consistent information regarding prices and volumes available in the market is difficult to obtain, 10.4% think that they do not know who demands or who supplies the resource in each planting period.

The alternative proposed as viable is the existence of agencies transaction, *i.e.*, a physical place of concentrated information of supply and demand and market rights as inputs. The volumes of water that are feasible to trade in the market will be available in these agencies, where buyers and sellers can go depending on the need, 89.6% of respondents choose which the best option is.

One of the problems associated with the purchase of water rights is a monopoly, a market form which means the concentration of water rights in one figure. To address this problem, the standard of belonging, an instrument is proposed to solve the model market imperfections transactions this alternative ligand allows the buying and selling to an effective and beneficial use, referring to the amount of water is bought or sold in the market, strictly necessary to meet their needs and the fate of the purchase will be for these uses: agricultural crop and livestock farming to livestock.

### **Environmental variables**

In general, the variables related to the creation of water reserves, priority of use value with higher profitability, treating scarcity problems effectively and beneficial to water users in the district, will have a positive impact on the variables directly related to environmental loading and aquifer recharge will also sustain an adequate level of the volume of the aquifer and the gradual recovery of the original water level to extract more volume not authorized and reusing idle waters in each season are presented.

imperfecciones del mercado esta alternativa permite hacer transacciones ligando las operaciones de compra-venta a un uso efectivo y beneficioso, se refiere a que las cantidades de agua que se compren o vendan en el mercado serán las estrictamente necesarias para cumplir con sus necesidades y el destino de la compra será para los mismos Usos: agrícola a agrícola, pecuario a pecuario.

### **Variables ambientales**

En general las variables relacionadas con la creación de reservas de agua, la prioridad del valor de uso con mayor rentabilidad, el tratamiento de los problemas de escasez de manera efectiva y beneficiosa para los usuarios del agua del distrito, tendrán un impacto positivo en las variables ambientales relacionadas directamente con la carga y recarga del acuífero, permitirá también sostener un nivel adecuado del volumen del acuífero y una recuperación progresiva del nivel original de agua al no extraer mas volumen del autorizado y reaprovechar las aguas ociosas que en cada temporada se presentan.

Las encuestas nos proporcionan la información más relevante que los entrevistados en su conjunto consideran más importante para el tratamiento de este problema; tratar los problemas de escasez y la regulación de las transacciones a través de su base legal.

### **Variables socioeconómicas**

La situación económica, explica una actividad agrícola en deterioro. La disminución de las superficies de siembra por restricciones históricas en la asignación de volúmenes de agua, los problemas relacionados con los créditos al campo de la banca privada y los programas de reconversión para el campo, son factores de emigración a otras actividades mercantiles. (Asociación de usuarios del agua. Distrito de riego No 066).

El promedio de edad de los de los poseedores de títulos de concesión refleja una edad madura a avanzada lo que explica en algunos casos deseos poco atractivos de crear nuevas formas de conservación, uso y aprovechamiento de las aguas. Los estudios con los que cuentan prácticamente en su totalidad son de nivel primario; lo que permite tener diferentes conceptos sobre la conservación.

El detrimento progresivo de la situación del agro, los ha llevado a buscar nuevas alternativas de subsistencia, las actividades sustantivas del campo se han

The surveys give us the most relevant information that respondents as a whole are more important to treat this problem, deal with problems of scarcity and regulation of transactions through its legal basis.

### **Socioeconomic variables**

The economic situation explains a deteriorating agriculture. The decrease of planted areas by historical restrictions on the allocation of volumes of water, problems with credit in the field of private banking and retraining programs for the field are factors of emigration to other business activities (Water Users Association, Irrigation District No 066).

The average age of the holders of concession titles to reflect advanced middle age which explains in some cases unattractive desire to create new forms of conservation, use and water use. The studies which have practically all of the primary levels which allows having different ideas about conservation.

The progressive detriment agricultural situation has led them to seek new alternative of livelihood, substantive field activities have been abandoned by new ways of working to compensate for low income from farming.

## **Conclusions**

The analysis shows that with an  $F= 2.5026$  and a  $p$ -value of  $0.7960$ , there are no significant differences between the willingness to pay. The surplus or shortage of water in the different agricultural cycles in price is undervalued does not reflect the characteristics of temporality. There is a distinct market and appreciated lack of administrative control authority over these transactions so that a farmer could sell more than one occasions their surplus.

Average prices of consumer surplus or shortage of water do not reflect the importance of the intensity of resource use by crop type. The analysis does not reflect the seasonality, market behavior is the same in both cycles, which means that for the casual market participants sell their surplus is extra income that is not governed by the cycles of cultivation and supply and market demand

The analysis concludes that, the existence of an agency transaction give transparency to the process of buying and selling volumes of water between the users of the same

abandonado por nuevas formas de trabajo para compensar los bajos ingresos obtenidos por la actividad agrícola.

## Conclusiones

El análisis muestra que con una  $F= 2.5026$  y una  $P$ -value de 0.7960, no existen diferencias significativas entre las disposiciones a pagar. Los sobrantes o faltantes de agua en los distintos ciclos agrícolas en cuanto al precio es subvaluado al no reflejar las características propias de la temporalidad. No existe un mercado definido y se aprecia falta de control administrativo de la autoridad sobre estas transacciones de tal manera que un agricultor puede vender en más de una ocasión sus excedentes.

Los precios promedio del consumo de excedentes o faltantes de agua, no reflejan la importancia de la intensidad de uso del recurso por tipo de cultivo. El análisis no refleja la temporalidad, el comportamiento del mercado es igual en ambos ciclos lo que significa que para los participantes del mercado informal vender sus excedentes es un ingreso extra que no está regido por los ciclos de cultivo ni la oferta y demanda de mercado.

El análisis concluye que la existencia de una agencia de transacciones dará transparencia al proceso de compra y venta de volúmenes de agua entre usuarios de la misma cuenca. El mercado de derechos de agua es un instrumento que aumenta la eficiencia en la reasignación del recurso a través del uso de aguas ociosas permitirá operaciones transparentes y legales; en base a los principios económicos fundamentales para el tratamiento de mercado del recurso agua considerándola como un bien económico, y a su vez, generando transacciones transparentes bajo un régimen jurídico legal. El impacto que se espera en la recuperación de los acuíferos es positivo al reasignar vía títulos de concesión, el agua que un usuario no ocupará y podrá ofertarla al mejor postor en el mercado de la misma cuenca.

## Agradecimiento

Los autores agradecen al proyecto CONACYT-00134460: "Determinación y construcción de indicadores de la huella hídrica y desertificación como consecuencia de la sobreexplotación agropecuaria y del cambio climático", el apoyo económico otorgado a la presente investigación.

acquirer. The market for water rights is a tool for increasing the efficiency of resource reallocation through the use of idle water operations allowing transparent and legal, based on fundamental economic principles for the treatment of water resources considering market as well economic, and in turn, generating transactions under a transparent legal system. The expected impact on the recovery of aquifers is positive to reallocate road concession titles, water that a user cannot take and offer it to the highest bidder on the market in the same basin.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Álvarez, L. y Gómez-Limón, J. A. 2001. Mercados del agua. Análisis de las opciones elegidas para su aplicación en España. IV Congreso Nacional de Economía Agraria. Asociación Española de Economía Agraria. Pamplona España. 30 p.
- Bravo, H. M. y Ortiz, G. A. 2000. Características y beneficios económicos de los mercados de agua en distritos y unidades de riego. X Congreso Nacional de Irrigación. Chihuahua Chihuahua, México. 12 p.
- Brekke, L. D.; Maurer, E. P.; Anderson, J. D.; Dettinger, M. D.; Townsley, E. S.; Harrison, A.; Pruitt, T. 2009. Assessing reservoir operations risk under climate change. Water Resources Research Vol. 45. 16 p.
- Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES). 1998. Eficiencia y uso sustentable del agua en México: participación del sector privado. Gobierno del Estado de Baja California Sur, Municipio de Loreto. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsarg/e/fulltext/cespedes/cespedes.pdf>.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 1995. Mercado de derechos de agua: Entorno Legal. LC/R.1485, 9 de enero.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1994. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. (consultado enero, 1994).
- Dourojeanni, A. y Jurlavlev, A. 1999. La regulación de los mercados de agua. *In*: VI Jornadas de CONAPI-CHILE. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), LC/L. Serie Recursos Naturales e Infraestructura Núm. 49, diciembre de 2002, Santiago de Chile. <http://www.eclac.org/>.

- Fortis, H. M. y Rhodante, A. 2006. Naturaleza y extensión del mercado de agua en el D.R. 017 de la Comarca Lagunera, México. IWIMI. Serie Latinoamericana Núm. 10. 71 p.
- Frederick, K. D. and Schwarz, G. 1999. Socioeconomic impacts of climate change on U.S. water supplies. *Journal of the American Water Resources Association*. 35:1563-1583.
- García, S. J. A.; Guzmán, S. E. y Fortis, H. M. 2006. Demanda y distribución del agua en La Comarca Lagunera, México. *Agrociencia*. 40(2):269-276.
- Gleick, P. 2003. Global freshwater resources: soft-path solutions for the 21st century. *Science* 302:1524-1528.
- Godínez, M. L.; García, S. J. A.; Fortis, H. M.; Mora F. J.; Martínez, D. M.; Valdivia, A. R. y Hernández M. J. 2006. Valor económico del agua en el sector agrícola de La Comarca Lagunera. *Terra* 25:51-59.
- Hearne, R. y Donoso, G. 2005. Water institutional reforms in Chile. *Water Policy* 7:53-69.
- Hearne, R. 2007. Water markets as a mechanism for intersectoral water transfers: the Elqui Basin in Chile. *Paddy Water Environ*. 5:223-227.
- Lee, T. y Jouravlev, A. 1998. Los precios, la propiedad y los mercados en la asignación del agua. CEPAL, LC/L.1097. Serie Medio Ambiente y Desarrollo N° 6, Santiago de Chile. 100 p.
- Lane, M. E.; Kirshen, P. H. and Vogel, R. M. 1999. Indicators of impacts of global climate change on U.S. water resources. *Journal of Water Resources Planning and Management* 125:194-204.
- Milly, P. C.; Betancourt, J.; Falkenmark, M.; Hirsch, R.; Kundzewicz, Z. W.; Lettenmaier, D. P. and Stouffer, R. J. 2008. Stationarity is dead: whither water management? *Science*. 573-574 pp.
- Niase, M. 2005. Climate induced water conflict risks in West Africa: recognizing and coping with increasing climate impacts on shared watercourses. *Human Security and Climate Change*. PRIO, CICERO and GECHS, Asker, Norway. 15 p.
- Postel, S. 1996. *Dividing the waters: food security, Ecosystem health, and the new politics of scarcity*. Worldwatch Institute, Washington, DC. 76 p.
- Turton, A, and Ohlsson, L. 1999. Water scarcity and social stability: towards a deeper understanding of the key concepts needed to manage water scarcity in developing countries. SOAS working paper, Water Issues Study Group, School of Oriental and African Studies, University of London. 23 p.
- Rubiños, P. J.; Martínez, D. M.; Palacios, V. E.; Hernández, A. E. y Valdivia, A. R. 2006. Valor económico del agua y análisis de las transmisiones de derechos de agua en distritos de riego en México. *Terra* 25:43-49.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos (SARH). 1989. Sinopsis geohidrológica del estado de Baja California Sur. Editorial Sistemas Gráficos E, S. A. de C. V. México, D. F. 282 p.
- Sumpsi, J. M.; Garrido, A.; Blanco, M.; Varela, C. E. e Iglesias, E. 1998. *Economía y política de gestión del agua en la agricultura*. Mundi-Prensa, Madrid. 262p.
- Solanes, M. y Dourojeanni, A. 1996. Mercado de derechos de agua. [http://www.cepes.org.pe/debate/debate21/02\\_Articulo.pdf](http://www.cepes.org.pe/debate/debate21/02_Articulo.pdf) (Consulta julio 13, 2010).
- Stavins, R. N. 2007. Environmental economics, NBER Working Paper No. w13574. 22 p.
- Venkatachalam, L. 2008. Market based instruments for water allocation in India: issues and the way forward, managing water in the face of growing scarcity, inequity and declining returns: exploring fresh approaches. Paper presented in the IWMI-Tata Water Policy Program. Seventh Annual Partners Meet, April 2-4, 2008 at ICRISAT Campus, Hyderabad, India. 498-512 pp.
- Velasco, V. I. 2006. Importancia del fenómeno de la sequía. Sequía: vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el Norte Centro de México. Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Zacatecas. Bravo, L. A. G.; Salinas, G. H. y Rumayor, R. A. (Comps.) 2<sup>da</sup>. Edición. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D. F. 310 p.
- Vörösmarty, C. J.; Green, P.; Salisbury, J. and Lammers, R. B. 2000. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science*. 289:284-288.