

RESPUESTA DE LA DEMANDA DE AGUA A CAMBIOS EN EL PRECIO: UN ESTUDIO POR TIPO DE CONSUMIDOR EN EL NORTE DE SINALOA, MÉXICO

RESPONSE OF THE WATER DEMAND TO CHANGES IN THE PRICE: A STUDY BY TYPE OF CONSUMER IN NORTHERN OF SINALOA, MEXICO

Jesús Torres-Sombra¹, José A. García-Salazar^{1*}, Roberto García-Mata¹, Jaime Matus-Gardea¹,
Elizabeth González-Estrada², Abel Pérez-Zamorano³

¹Economía, ²Estadística, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, (torres.sombra@colpos.mx) (jsalazar@colpos.mx). ³División de Ciencia Económico-Administrativas (DICEA). Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230. Chapingo, Estado de México.

RESUMEN

La disminución del nivel de almacenamiento de agua en las presas en el norte de Sinaloa, México, y el incremento de la demanda agrícola y residencial hacen urgente establecer políticas que promuevan la distribución y uso eficiente. Para conocer los factores que explican el comportamiento de la demanda de agua en los sectores residencial, agrícola, pecuario, industrial y comercial del norte de Sinaloa, se estimó un modelo de ecuaciones simultáneas, compuesto de diez ecuaciones y tres identidades. El análisis de los resultados indica que la demanda de agua en esos sectores responde de manera inelástica a cambios en el precio, con elasticidades de -0.087 , -0.125 , -0.065 , -0.082 y -0.0054 , respectivamente. La disminución de cinco puntos porcentuales en la demanda de agua, en el último año, en los sectores residencial, agrícola e industrial es posible con incrementos de 57.5, 40.0 y 61.0 % en el precio.

Palabras clave: agua, elasticidad, modelo de ecuaciones simultáneas, sectores agrícola, pecuario, industrial, comercial y residencial.

INTRODUCCIÓN

El aumento de la producción de maíz (*Zea mays* L.), de la población y de la actividad pecuaria, comercial e industrial ha reducido la disponibilidad de agua superficial en el norte de Sinaloa, México. La ampliación de la frontera

ABSTRACT

The decreased level of water storage in the dams in northern Sinaloa, Mexico, and the increasing agricultural and residential demand requires urgently enacting policies promoting the efficient water distribution and use. To know the factors that explain the behavior of water demand in the residential, agricultural, livestock, industrial and commercial sectors in northern Sinaloa, a simultaneous equations model was estimated; it comprised ten equations and three identities. Analysis of the results indicate that water demand in these sectors responds inelastically to changes in the price, with elasticities of -0.087 , -0.125 , -0.065 , -0.082 and -0.0054 , respectively. The decrease of five percentage points in water demand in the last year, in the residential, agricultural and industrial sectors is possible with increments of 57.5, 40.0 and 61.0 % in the price.

Key words: water, elasticity, simultaneous equations model, agricultural, livestock, industrial, commercial and residential sectors.

INTRODUCTION

The increase of production of maize (*Zea mays* L.), population and livestock, commercial and industrial activities have reduced the availability of surface water in northern Sinaloa, Mexico. The expansion of the agricultural frontier, inefficient water use, pollution and climate change have led to an imbalance between supply and demand, and competition among consumer sectors. Data from municipal institutions and agencies (INEGI, 2011; JAPACH, 1990-2010^[1]; JAPAF, 1990-

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: julio, 2012. Aprobado: febrero, 2013.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 47: 293-307. 2013.

agrícola, el uso ineficiente del agua, la contaminación y el cambio climático han provocado un desequilibrio entre demanda y oferta, y competencia entre los sectores consumidores. Datos de instituciones y organismos municipales (INEGI, 2011; JAPACH, 1990-2010^[1]; JAPAF, 1990-2010^[2] y JAPAMA, 1990-2010^[3]) indican que el incremento de la demanda de agua en el sector residencial del norte de Sinaloa entre 1990 y 2010 se debió al aumento de la población. La demanda de agua en este sector aumentó 108.7 %, y la participación del consumo residencial en la cantidad anual total de agua demandada del sistema de presas pasó de 0.86 a 1.4 %.

En la región norte de Sinaloa están los valles agrícolas El Fuerte y El Carrizo, son irrigados por el río Fuerte y su superficie de riego por gravedad es 312 mil ha: 74.4 % de ésta es de El Fuerte y 25.5 % de El Carrizo. De 1990 a 2010, la superficie sembrada osciló de 258 a 345 mil ha. La actividad agrícola absorbió 98.3 % del agua almacenada en el sistema de presas (CONAGUA-DR75, 1990-2010^[4]; CONAGUA-DR76, 1990-2010^[5]) (Cuadro 1). En la producción agrícola de la región destacan maíz, trigo (*Triticum* spp.), sorgo (*Sorghum* spp.), hortalizas y algunos frutales. El surgimiento de la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) en 1991 y sus efectos nocivos en la agricultura es una de las causas que explican la disminución de la superficie sembrada en 1993 con soya (*Glycine max* L.), ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) y cártamo

2010^[2] and JAPAMA, 1990-2010^[3]) indicate that the increase in demand for water in the residential sector in northern Sinaloa from 1990 to 2010 was due to population growth. Water demand in this sector increased 108.7 %, and the participation of household consumption in the total annual quantity of water demanded of the dam system increased from 0.86 to 1.4 %.

The agricultural valleys El Fuerte and El Carrizo are located in the northern region of Sinaloa, they are irrigated by the River Fuerte and their surface irrigation is 312 thousand ha: 74.4 % is of El Fuerte and 25.5 % of El Carrizo. From 1990 to 2010, the area planted ranged between 258 and 345 thousand ha. Agricultural activity absorbed 98.3 % of the water stored in the dam system (CONAGUA-DR75, 1990-2010^[4]; CONAGUA-DR76, 1990-2010^[5]) (Table 1). In the agricultural production of the region corn, wheat (*Triticum* spp.), sorghum (*Sorghum* spp.), vegetables and some fruit trees are outstanding. The emergence of whitefly (*Bemisia tabaci*) in 1991 and its harmful effects on agriculture is one of the causes for the decline of the area planted in 1993 with soybean (*Glycine max* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and safflower (*Carthamus tinctorius*) and modification of the usual pattern of crops in northern Sinaloa; these crops have levels of water of 5, 4.5 and 4.5 cm. The rising price of corn, the implementation of PROCAMPO and uncertainty of the domestic

¹ JAPACH (Junta de agua Potable y Alcantarillado de Choix). 1990-2010. Reportes de operación. Información proporcionada por la gerencia de operación. Choix, Sinaloa. 65 p. ❖ JAPACH (Board of Water Supply and Sewerage Choix). 1990-2010. Operation reports. Information provided by operating management. Choix, Sinaloa. 65 p.

² JAPAF (Junta de agua Potable y Alcantarillado de El Fuerte). 1990-2010. Reportes de operación. Información proporcionada por la gerencia de operación. El Fuerte, Sinaloa. 65 p. ❖ JAPAF (Board of Water Supply and Sewerage of El Fuerte). 1990-2010. Operation reports. Information provided by operating management. El Fuerte, Sinaloa. 65 p.

³ JAPAMA (Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Ahome). 1990-2010. Reportes financieros y de operación. Información proporcionada por las gerencias de informática, contabilidad y operación. Los Mochis, Ahome, Sinaloa. 220 p. ❖ JAPAMA (Board of Water Supply and Sewerage Municipality of Ahome). 1990-2010. Financial and operating reports. Information provided by the management of information technology, accounting and operations. Los Mochis, Ahome, Sinaloa. 220 p.

⁴ CONAGUA-DR75 (Comisión Nacional del Agua-Distrito de Riego 75). 1990-2010. Estadísticas de riego y agrícolas. Información proporcionada por las gerencias de operación, conservación y estadística del Distrito de Riego 75. Cuenca Pacífico Norte. Los Mochis, Ahome, Sinaloa. 60 p. ❖ CONAGUA-DR75 (National Water Commission-Irrigation District 75). 1990-2010. Irrigation and agricultural statistics. Information provided by operation, conservation and statistics agencies of the Irrigation District 75. North Pacific Basin. Los Mochis, Ahome, Sinaloa. 60 p.

⁵ CONAGUA-DR76 (Comisión Nacional del Agua-Distrito de Riego 76). 1990-2010. Estadísticas de riego y agrícolas. Información proporcionada por las gerencias de operación, conservación y estadística del Distrito de Riego 76. Cuencas Pacífico Norte. Villa Gustavo Díaz Ordaz, Ahome, Sinaloa. 60 p. ❖ CONAGUA-DR76 (National Water Commission-Irrigation District 76). 1990-2010. Irrigation and agricultural statistics. Information provided by operation, conservation and statistics agencies of the Irrigation District 76. North Pacific Basin. Villa Gustavo Díaz Ordaz, Ahome, Sinaloa. 60 p.

Cuadro 1. Consumo y precio del agua por sector consumidor.
Table 1. Consumption and price of water by consumer sector.

Sector	1990 hm ³	2010 hm ³	Cambio de 1990 a 2010		Promedio 1990-2010		Precio 2010 \$ por m ³
			hm ³	%	hm ³	%	
Agrícola	1978.02	2502.02	524.01	26.5	2424.48	98.3	0.11
Pecuario	4.82	5.89	1.07	22.1	5.71	0.2	12.00
Residencial	17.30	36.10	18.80	108.7	33.47	1.4	3.84
Industrial	0.41	0.64	0.23	56.6	0.72	0.0	15.86
Comercial	2.14	2.44	0.30	14.0	2.21	0.1	12.02
Total	2002.69	2547.09	544.41	27.2	2466.59	100.0	

(*Carthamus tinctorius*) y la modificación del patrón de cultivos en el norte de Sinaloa que tienen láminas de riego de 5, 4.5 y 4.5 cm. El aumento del precio del maíz, la implementación de PROCAMPO y la incertidumbre de el mercado nacional de hortalizas son otros factores que explican porque el productor de Sinaloa prefirió producir maíz blanco, y aumentó la lámina de riego de 5 a 7.5 cm ha⁻¹ sembrada.

Entre 1990 y 2010, el número de industrias instaladas en la región pasó de 511 a 1655, con lo que la demanda de agua en ese sector aumentó 63.8 % y el consumo de agua pasó de 0.41 a 0.64 hm³ (JAPAMA, 1990-2010^[3]; CONAGUA, 2011^[6]). La participación del consumo industrial en la disponibilidad anual de agua de las presas regionales varió de 0.017 a 0.062 %.

De acuerdo con INEGI-BIE (2011), de 1990 a 2010 el inventario bovino de la región varió de 195 a 204 mil, mientras que el inventario porcino ascendió de 64 a 204 mil. En 2010 la demanda de agua en el sector pecuario fue 5.9 hm³ y representó 0.2 % del agua disponible en la región (Cuadro 1).

Entre 1990 y 2010 la demanda anual de agua en el sector comercial osciló entre 2.1 y 2.4 hm³, tuvo valor promedio de 2.21 hm³ al año y aumentó 14.0 %, equivalente a 0.30 hm³ (JAPAMA, 1990-2010^[3]; CONAGUA, 2011^[6]).

De acuerdo con datos de los distritos 75 y 76, la demanda de agua para riego agrícola en el norte

vegetable market are other factors that explain why the producer of Sinaloa chose white corn production, and increased water level of 5 to 7.5 cm ha⁻¹ planted.

Between 1990 and 2010, the number of industries located in the region increased from 511 to 1655, so the water demand in that sector increased 63.8 % and water consumption rose from 0.41 to 0.64 hm³ (JAPAMA, 1990-2010^[3]; CONAGUA, 2011^[6]). The participation of industrial consumption in annual water availability of regional dams ranged between 0.017 and 0.062 %.

According to INEGI-BIE (2011), from 1990 to 2010 the cattle inventory of the region remained between 195 and 204 thousand, while the hog inventory rose from 64 to 204 thousand. In 2010 the demand for water in the livestock sector was 5.9 hm³ and represented 0.2 % of water available in the region (Table 1).

Between 1990 and 2010 the annual water demand in the commercial sector ranged between 2.1 and 2.4 hm³, had an average value of 2.21 hm³ per year and increased 14.0 %, equivalent to 0.30 hm³ (JAPAMA, 1990-2010^[3]; CONAGUA, 2011^[6]).

According to data from districts 75 and 76, the water demand for agricultural irrigation in northern Sinaloa exceeded 20 % the storage capacity. Between 2008 and 2010, the average annual water collected in the regional system of dams fell 2.6 %

⁶ CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2011. Consumo anual de agua por sector y municipios de Sinaloa durante el periodo 1990-2010. Información proporcionada por la Jefatura de Proyectos de Consolidación de Organismos Operadores. Organismo de Cuenca Pacífico Norte. Culiacán, Sinaloa. 16 p. ❖ CONAGUA (National Water Commission). 2011. Annual water consumption by sector and municipalities of Sinaloa during the period 1990-2010. Information provided by the Head Office of Projects for the Consolidation of Operator Agencies. North Pacific Basin Organization. Culiacán, Sinaloa. 16 p.

de Sinaloa superó 20 % la capacidad de almacenamiento. Entre 2008 y 2010, la captación media anual de agua en el sistema regional de presas descendió 2.6 % cada año; en contraste, en el mismo periodo la superficie de riego por gravedad aumentó 32 800 ha, equivalente a 10.5 %. La demanda de agua en el ciclo otoño-invierno de 2010 fue 2502.02 hm³. Lo anterior implica un requerimiento medio anual de agua de 4520 hm³ en el sector para absorber las pérdidas de agua por conducción, evaporación e ineficiencia en el uso de agua en los predios; es decir, 62.5 % del agua total captada en el sistema de presas durante 2010.

Wong (1972), Griffin y Chang (1991) y Lyman (1992) muestran una relación inversa entre la demanda y el precio del agua, por lo cual sería factible disminuir el consumo a través de aumentos razonables en las tarifas.

El agua es indispensable en todos los sectores consumidores, por lo cual la hipótesis de este estudio es de una respuesta inelástica de la demanda en la agricultura, la ganadería y el sector residencial, industrial y comercial del norte de Sinaloa, a cambios en el precio. El objetivo del estudio fue determinar algunos factores que definen el comportamiento de la demanda de agua en cada sector, para dar elementos confiables que permitan crear políticas que motiven un control más eficiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estimó un modelo de ecuaciones simultáneas con cinco ecuaciones de demanda, cinco ecuaciones de precio y tres identidades. Considerando que las fuentes de abastecimiento y tratamiento previo del agua utilizada difieren según el sector, el modelo supone que la demanda en cada sector es independiente. El modelo es:

$$PRAR2_t = b_{11} + b_{12}QADSR_t + b_{13}PRAR2_{t-1} + b_{14}PIBPCRS_{t-1} + b_{15}CPCAR_t + b_{16}QADRG_{t-1} + b_{17}NHRG_t + b_{18}TEMP_t + e_{19} \quad (1)$$

$$QADSR_t = b_{21} + b_{22}PRAR2_t + b_{23}PRER_t + b_{24}PIBPCRS_t + b_{25}PEREMP_t + b_{26}PRARG2_{t-1} + b_{27}CAPI_t + e_{28} \quad (2)$$

$$PRARG2_t = b_{31} + b_{32}QADRG_t + b_{33}PRARG2_{t-1} + b_{34}PIBPCRS_{t-1} + b_{35}QADSR_{t-1} + b_{36}PPLUV_t + e_{37} \quad (3)$$

$$QADRG_t = b_{41} + b_{42}PRARG2_t + b_{43}PIBPCRS_t + b_{44}PRAR2_{t-1} + b_{45}NHRG_t + b_{46}PREUA_t + b_{47}PPRA_{t-1} + e_{48} \quad (4)$$

each year; in contrast, in the same period surface water irrigation increased 32 800 ha, equivalent to 10.5 %. Water demand in the autumn-winter 2010 was 2502.02 hm³. This implies an average annual water requirement in the sector of 4520 hm³ to absorb losses of water by conduction, evaporation and inefficiency water use on the plots, *i.e.*, 62.5 % of the total water captured in the dam system during 2010.

Wong (1972), Griffin and Chang (1991) and Lyman (1992) show an inverse relationship between demand and price of water, reducing consumption is feasible through reasonable increases in rates.

Water is indispensable in all consumer sectors therefore, the hypothesis of this study is an inelastic response of demand in agriculture, livestock and the residential, industrial and commercial sectors in northern Sinaloa, to changes in the price. The objective of the study was to determine some factors that define the behavior of water demand in each sector to provide reliable elements that facilitate the creation of policies that encourage more efficient control.

MATERIALS AND METHODS

A simultaneous equations model was estimated with five demand equations, five price equations and three identities. Considering that the supply sources and pretreatment of water used differ by sector, the model assumes that demand in each sector is independent. The model is:

$$PRAR2_t = b_{11} + b_{12}QADSR_t + b_{13}PRAR2_{t-1} + b_{14}PIBPCRS_{t-1} + b_{15}CPCAR_t + b_{16}QADRG_{t-1} + b_{17}NHRG_t + b_{18}TEMP_t + e_{19} \quad (1)$$

$$QADSR_t = b_{21} + b_{22}PRAR2_t + b_{23}PRER_t + b_{24}PIBPCRS_t + b_{25}PEREMP_t + b_{26}PRARG2_{t-1} + b_{27}CAPI_t + e_{28} \quad (2)$$

$$PRARG2_t = b_{31} + b_{32}QADRG_t + b_{33}PRARG2_{t-1} + b_{34}PIBPCRS_{t-1} + b_{35}QADSR_{t-1} + b_{36}PPLUV_t + e_{37} \quad (3)$$

$$QADRG_t = b_{41} + b_{42}PRARG2_t + b_{43}PIBPCRS_t + b_{44}PRAR2_{t-1} + b_{45}NHRG_t + b_{46}PREUA_t + b_{47}PPRA_{t-1} + e_{48} \quad (4)$$

$$PRASP_t = b_{51} + b_{52}QADSP_t + b_{53}PRASP_{t-1} + b_{54}PIBPCRS_{t-1} + b_{55}QADRG_{t-1} + b_{56}PREUA_{t-1} + b_{57}QADSR_{t-1} + e_{58} \quad (5)$$

$$QADSP_t = b_{61} + b_{62}PRASP_t + b_{63}PREUA_t + b_{64}PRPGBPt + b_{65}PIBPCRS_t + b_{66}PPLUV_t + b_{67}PRARG2_{t-1} + e_{68} \quad (6)$$

$$PRASP_t = b_{51} + b_{52}QADSP_t + b_{53}PRASP_{t-1} + b_{54}PIBPCRS_{t-1} + b_{55}QADRG_{t-1} + b_{56}PREUA_{t-1} + b_{57}QADSR_{t-1} + e_{58} \quad (5)$$

$$QADSP_t = b_{61} + b_{62}PRASP_t + b_{63}PREUA_t + b_{64}PRPGBP_t + b_{65}PIBPCRS_t + b_{66}PPLUV_t + b_{67}PRARG2_{t-1} + e_{68} \quad (6)$$

$$PRAUI_t = b_{71} + b_{72}QADI_t + b_{73}PRAUI_{t-1} + b_{74}PIBPCRS_{t-1} + b_{75}QADSR_{t-1} + b_{76}CAPI_t + b_{77}TEMP_t + e_{78} \quad (7)$$

$$QADI_t = b_{81} + b_{82}PRAUI_t + b_{83}PREUI_{t-1} + b_{84}PRARG2_{t-1} + b_{85}PRAUC2_{t-1} + b_{86}PIBPCRS_t + b_{87}TEMP_t + b_{88}PPLUV_t + e_{89} \quad (8)$$

$$PRAUC2_t = b_{91} + b_{92}QADSC_t + b_{93}PRAUC2_{t-1} + b_{94}QADRG_{t-1} + b_{95}QADSR_{t-1} + b_{96}PIBPCRS_{t-1} + b_{97}PPLUV_{t-1} + e_{98} \quad (9)$$

$$QADSC_t = b_{101} + b_{102}PRAUC2_t + b_{103}PREUC3_t + b_{104}PRAUI_{t-1} + b_{105}PIBPCRS_t + b_{106}TEMP_t + e_{107} \quad (10)$$

$$QADP_t = QADSR_t + QADRG_t + QADI_t + QADSC_t + QADSP_t - QASUBD_t \quad (11)$$

$$QASUBD_t = 0.5(QADSP_t - DEAGPNS_t) \quad (12)$$

$$QTADNS_t = QADSR_t + QADSP_t + QADRG_t + QADI_t + QADSC_t \quad (13)$$

donde, para el año t , en la ecuación 1, $PRAR2_t$ es el precio promedio real del agua para uso residencial (\$ por m^3); $QADSR_t$ es la demanda de agua en sector residencial (hm^3); $PRAR2_{t-1}$ es el precio promedio real del agua para uso residencial (\$ por m^3); $PIBPCRS_{t-1}$ es el PIB per-cápita real en Sinaloa (\$ por persona); $CPCAR_t$ es el consumo per-cápita de agua en el sector residencial (m^3 por persona); $QADRG_{t-1}$ es la demanda de agua para riego por gravedad por ciclo agrícola (hm^3); $NHRG_t$ es la superficie sembrada por ciclo agrícola (ha); $TEMP_t$ es la temperatura media anual en Sinaloa ($^{\circ}C$). En la ecuación 2 $PRER_t$ es el precio real de la electricidad para uso residencial (\$ por Kw-hr); $PIBPCRS_t$ es el PIB per cápita real en Sinaloa (\$ por persona); $PEREMP_t$ es la población ocupada en Ahome, El Fuerte y Choix (personas); $PRARG2_{t-1}$ es el precio real del agua para riego por gravedad (\$ por dm^3); $CAPI_t$ es el volumen medio anual de agua almacenada en las presas (hm^3). En la ecuación 3 $PRARG2_t$ es el precio promedio real del agua para riego por gravedad (\$ por Dm^3); $QADRG_t$ es la demanda por ciclo agrícola para riego por gravedad (hm^3); $QADSR_{t-1}$ es la demanda de agua por el sector residencial (hm^3); $PPLUV_t$ es la precipitación pluvial promedio anual en el norte de

$$PRAUI_t = b_{71} + b_{72}QADI_t + b_{73}PRAUI_{t-1} + b_{74}PIBPCRS_{t-1} + b_{75}QADSR_{t-1} + b_{76}CAPI_t + b_{77}TEMP_t + e_{78} \quad (7)$$

$$QADI_t = b_{81} + b_{82}PRAUI_t + b_{83}PREUI_{t-1} + b_{84}PRARG2_{t-1} + b_{85}PRAUC2_{t-1} + b_{86}PIBPCRS_t + b_{87}TEMP_t + b_{88}PPLUV_t + e_{89} \quad (8)$$

$$PRAUC2_t = b_{91} + b_{92}QADSC_t + b_{93}PRAUC2_{t-1} + b_{94}QADRG_{t-1} + b_{95}QADSR_{t-1} + b_{96}PIBPCRS_{t-1} + b_{97}PPLUV_{t-1} + e_{98} \quad (9)$$

$$QADSC_t = b_{101} + b_{102}PRAUC2_t + b_{103}PREUC3_t + b_{104}PRAUI_{t-1} + b_{105}PIBPCRS_t + b_{106}TEMP_t + e_{107} \quad (10)$$

$$QADP_t = QADSR_t + QADRG_t + QADI_t + QADSC_t + QADSP_t - QASUBD_t \quad (11)$$

$$QASUBD_t = 0.5(QADSP_t - DEAGPNS_t) \quad (12)$$

$$QTADNS_t = QADSR_t + QADSP_t + QADRG_t + QADI_t + QADSC_t \quad (13)$$

where, for year t , in the equation 1 $PRAR2_t$ is the average real price of water for residential use (\$ per m^3); $QADSR_t$ is the water demand in residential sector (hm^3); $PRAR2_{t-1}$ is the average real price of water for residential use (\$ per m^3); $PIBPCRS_{t-1}$ is the real GDP per-capita in Sinaloa (\$ per person); $CPCAR_t$ is the per-capita consumption of water in the residential sector (m^3 per person); $QADRG_{t-1}$ is the water demand for surface irrigation for agricultural cycle (hm^3); $NHRG_t$ is the area planted by agricultural cycle (ha); $TEMP_t$ is the annual average temperature in Sinaloa ($^{\circ}C$). In equation 2 $PRER_t$ is the real price of electricity for residential use (\$ per Kw-hr); $PIBPCRS_t$ is the real Gross Domestic Product per capita in Sinaloa (\$ per person); $PEREMP_t$ is the population employed in Ahome, El Fuerte and Choix (people); $PRARG2_{t-1}$ is the real price for surface irrigation water (\$ by dm^3); $CAPI_t$ is the average annual volume of water stored in dams (hm^3). In equation 3 $PRARG2_t$ is the real average price for surface irrigation water (\$ per dm^3); $QADRG_t$ is the demand by agricultural cycle for surface irrigation (hm^3); $QADSR_{t-1}$ is the water demand by the residential sector (hm^3); $PPLUV_t$ is the average annual precipitation in northern Sinaloa (mm). In equation 4 $PREUA_t$ is the real price of electricity for agricultural use (\$ per Kw-hr); $PPRA_{t-1}$ is the real average nitrogen price (\$ per ton). In equation 5 $PRASP_t$ is the real average price of water for the livestock sector (\$ per m^3); $QADSP_t$ is water demand by the livestock sector (hm^3); $PRASP_{t-1}$ is the real average price of water for the livestock sector (\$ per m^3); $PREUA_{t-1}$ is the real price of electricity for agricultural use (\$ per Kw-hr). In equation

Sinaloa (mm). En la ecuación 4 $PREUA_t$ es el precio real de la energía eléctrica para uso agrícola (\$ por Kw-hr); $PPRA_{t-1}$ es el precio promedio real del nitrógeno (\$ por ton). En la ecuación 5 $PRASP_t$ es el precio promedio real del agua por el sector pecuario (\$ por m^3); $QADSP_t$ es la demanda de agua por el sector pecuario (hm^3); $PRASP_{t-1}$ es el precio promedio real del agua por el sector pecuario (\$ por m^3); $PREUA_{t-1}$ es el precio real de la energía eléctrica para uso agrícola (\$ por Kw-hr). En la ecuación 6 $PRPGBP_t$ es el precio real al productor del bovino en pie (\$ por kg). En la ecuación 7 $PRAUI_t$ es el precio promedio real del agua para uso industrial (\$ por m^3); $QADI_t$ es la demanda de agua por el sector industrial (hm^3); $PRAUI_{t-1}$ es el precio promedio real del agua para uso industrial (\$ por m^3); $TEMP_t$ es la temperatura media anual en Sinaloa ($^{\circ}C$). En la ecuación 8 $PREUI_{t-1}$ es el precio real de la energía eléctrica para uso industrial (\$ por kw-hr); $PRAUC2_{t-1}$ es el precio promedio real del agua para uso comercial (\$ por m^3); $PRAUC2_t$ es el precio promedio real del agua para uso comercial (\$ por m^3). En la ecuación 9 $QADSC_t$ es la demanda de agua por el sector comercial (hm^3); $PRAUC2_{t-1}$ es el precio real del agua para uso comercial (\$ por m^3); $PPLUV_{t-1}$ es la precipitación pluvial promedio anual (mm). En la ecuación 10 $PREUC3_t$ es el precio real de la energía eléctrica para uso comercial (\$ por kw-hr). En las igualdades 11, 12 y 13 $QADP_t$ es la demanda de agua en el sistema de presas (hm^3); $QASUBD_t$ es la cantidad de agua demandada del subsuelo (hm^3); $DEAGPNS_t$ es la demanda de agua por el ganado porcino (hm^3); $QTADNS_t$ es la cantidad total de agua demandada en el norte de Sinaloa (hm^3).

El modelo se justifica con evidencia empírica y se basa en estudios realizados por Beattie y Foster (1980), Nieswiadomy y Molina (1991) y Bachrach y Vaughan (1994). El modelo considera dos ecuaciones para cada consumidor, una para el precio y otra para la demanda. La estructura responde a la necesidad de solucionar el problema de la definición simultánea de la demanda y el precio en que, de acuerdo con Olmstead y Hanemann (2007), el usuario incurre al situarse en un intervalo de consumo, o al adoptar la siembra de un cultivo específico. Lo anterior implica que el usuario elige simultáneamente el precio y el consumo de agua y bajo esta condición, de acuerdo con Nieswiadomy y Molina (1989) y Olmstead y Hanemann (2007), la estimación de los parámetros mediante mínimos cuadrados ordinarios conduce a parámetros sesgados e inconsistentes. Según los resultados obtenidos por Nieswiadomy y Molina (1991) y Bachrach y Vaughan (1994), se plantea una ecuación para la demanda y una más para el precio. La estimación de los parámetros de cada ecuación se realiza mediante mínimos cuadrados de dos etapas.

6 $PRPGBP_t$ is the real price for the live cattle producer (\$ per kg). In equation 7 $PRAUI_t$ is the real average price of water for industrial use (\$ per m^3); $QADI_t$ is the water demand by the industrial sector (hm^3); $PRAUI_{t-1}$ is the real average price of water for industrial use (\$ per m^3); $TEMP_t$ is the annual average temperature in Sinaloa ($^{\circ}C$). In equation 8 $PREUI_{t-1}$ is the real price of electricity for industrial use (\$ per kw-hr); $PRAUC2_{t-1}$ is the average real price of water for commercial use (\$ per m^3); $PRAUC2_t$ is the average real price of water for commercial use (\$ per m^3). In equation 9 $QADSC_t$ is the water demand by commercial sector (hm^3); $PRAUC2_{t-1}$ is the real price of water for commercial use (\$ per m^3); $PPLUV_{t-1}$ is the average annual precipitation (mm). In Equation 10 $PREUC3_t$ is the real price of electricity for commercial use (\$ per kw-hr). In the equations 11, 12 and 13 $QADP_t$ is the demand for water in the system of dams (hm^3); $QASUBD_t$ is the amount of water demanded from underground (hm^3); $DEAGPNS_t$ is water demand by hogs (hm^3); $QTADNS_t$ is the total amount of water demanded in northern Sinaloa (hm^3).

The model is justified by empirical evidence and is based on studies done by Beattie and Foster (1980), Nieswiadomy and Molina (1991) and Bachrach and Vaughan (1994). The model considers two equations for each consumer, for the price and one for demand. The structure responds to the need to solve the problem of simultaneous definition of demand and the price at which, according to Olmstead and Hanemann (2007), user incurs by being in the range of consumption, or to adopt planting a specific crop. This implies that the user simultaneously chooses both the price and consumption of water and under this condition, according to Nieswiadomy and Molina (1989) and Olmstead and Hanemann (2007), the parameter estimation by using ordinary least squares leads to biased and inconsistent parameters. According to the results obtained by Nieswiadomy and Molina (1991) and Bachrach and Vaughan (1994), there is an equation for the demand, and one more for the price. The estimation of the parameters of each equation is performed by least squares in two stages.

Equations 1, 3, 5, 7 and 9 establish the real average price of water for residential, agricultural, industrial and commercial sectors. The rates per m^3 of water distributed to the residential, industrial and commercial sectors are established by the water and sewerage board in each municipality, serving up a rising system of prices in direct relationship with consumption interval. Since April 2009 there is the Mexican standard NMX-AA-147-SCFI-2008 (Diario Oficial de la Federación, 2009) for the evaluation of water rates. It establishes the methodology for evaluating the adequacy of the rates of drinking water, sewerage

Las ecuaciones 1, 3, 5, 7 y 9 establecen el precio promedio real del agua para los sectores residencial, agrícola, industrial y comercial. Las tarifas por m^3 de agua distribuido a los sectores residencial, industrial y comercial son establecidas por la junta de agua potable y alcantarillado de cada municipio, y atiende a un sistema ascendente de precios en relación directa con el intervalo de consumo. Desde abril de 2009 esta la norma mexicana NMX-AA-147-SCFI-2008 (Diario Oficial de la Federación, 2009) para la evaluación de tarifas de agua. Establece la metodología para evaluar la idoneidad de las tarifas de agua potable, drenaje y saneamiento para garantizar la sostenibilidad del recurso y la viabilidad financiera y operativa del servicio público.

El precio del agua para riego agrícola debe cubrir los costos anuales de conservación, conducción, distribución, mantenimiento de la infraestructura, operación del distrito de riego y módulo de riego, y el incremento en la inflación. Además de la norma, deben mencionarse los subsidios al precio del agua. El ingreso por la venta de agua debe cubrir el gasto total de cada organismo operador por lo que la especificación apropiada del precio del agua es importante para la estimación correcta de su demanda. Así, Wong (1972) y Beattie y Foster (1980) consideran correcto el uso del precio promedio del agua. En el presente estudio se usó el precio promedio anual correspondiente a los tres primeros intervalos de consumo, donde se ubica 80 % de los consumidores (JAPAMA, 1990-2010^[3]).

La ecuación 3 muestra el comportamiento del precio del agua en la agricultura. Se calcula al inicio de cada ciclo agrícola por CONAGUA a través de sus distritos de riego, y es sugerido a cada módulo de riego. El precio de cada dm^3 de agua asignado al riego debe cubrir los costos estimados anuales de conservación de este volumen en el sistema de presas de la región, de conducción y distribución, de mantenimiento de la infraestructura, de operación del distrito de riego y módulo de riego y el incremento en la inflación.

En el caso del agua consumida en el sector pecuario (ecuación 5), el precio por m^3 recupera los costos de transporte del líquido (gasolina, diésel, mantenimiento de las unidades de transporte y salario) desde las fuentes del recurso a los abrevaderos o los costos de bombeo (energía eléctrica, gasolina y salario).

La ecuación 1 muestra el precio promedio por m^3 de agua en el sector residencial explicado por la demanda de agua, el precio promedio en el año anterior, el PIB per cápita real en Sinaloa como variable proxy del salario, el consumo per cápita de agua, la demanda para riego agrícola por gravedad un periodo atrás, la superficie sembrada en riego por gravedad, y la temperatura promedio. La competencia entre los sectores residencial y agrícola resalta la consideración de la superficie; un número mayor de ha sembradas, con demanda mayor de agua para riego

and sanitation to ensure the sustainability of the resource and the financial and operational feasibility of public service.

The price of water for irrigation should cover the annual costs of storage, conveyance, distribution, and maintenance of infrastructure, operation of the irrigation district and irrigation module, and rising inflation. In addition to the Mexican standard, it should be mentioned the water price subsidies. Income from the sale of water should cover the total cost of each agency operator, thus the proper specification of the price of water is of great importance for the correct estimation of the demand. In this sense, Wong (1972) and Beattie and Foster (1980) consider correct the use of the average price of water. Thus, the present study used the annual average price, for the three first intervals of consumption, in where 80 % of consumers are located (JAPAMA, 1990-2010^[3]).

Equation 3 shows the behavior of the price of water in agriculture. It is estimated at the beginning of each growing season by CONAGUA through its irrigation districts, and is suggested to each irrigation module. The price per dm^3 of water allocated to irrigation should cover the annual estimated costs for conservation of this volume in the system of dams in the region, for conveyance and distribution, infrastructure maintenance, operation of the irrigation district and irrigation module and increase on inflation.

In the case of the water consumed in the livestock sector (equation 5), the price per m^3 retrieves transportation costs (gasoline, diesel, maintenance of transport units and salary) from the sources of resource to troughs or pumping costs (electricity, gasoline and salary).

Equation 1 shows the average price per m^3 of water in the residential sector accounted for by water demand, the average price in the previous year, real GDP per capita in Sinaloa as a proxy variable of wages, per capita water consumption, demand for surface irrigation in a previous period, the area planted on surface irrigation, and average temperature. Competition between residential and agricultural sectors highlights the consideration of the surface; a large number of hectares planted, with increased demand for water for irrigation reduces the amount for the residential, commercial and industrial sectors and creates conditions to increase the price for people.

Water demand in the residential sector represented by Equation 2 is based on a household production model in which water is an important input for the production of final consumer goods. Water consumption in households is related to the tasks of cleaning and cooling of spaces, laundry and cooking utensils, food preparation and personal hygiene. It is explained with the average price per m^3 , the price of electricity, the real per capita GDP in Sinaloa, the employed population, the previous price of one period of water for agricultural

disminuye la cantidad destinada a los sectores residencial, comercial e industrial y genera condiciones para incrementar el precio al público.

La demanda de agua en el sector residencial representada por la ecuación 2 se basa en un modelo de producción doméstica en el que el agua representa un insumo importante para la producción de bienes de consumo final. El consumo de agua en los hogares está relacionado con las tareas de aseo y enfriamiento de espacios, lavado de ropa y utensilios de cocina, preparación de alimentos e higiene personal. Se explica con el precio promedio por m³, el precio de la energía eléctrica, el PIB per cápita real en Sinaloa, la población empleada, el precio rezagado un periodo del agua para riego agrícola y la cantidad de agua almacenada en las presas. El consumo de agua en este sector requiere aparatos electrodomésticos, de ahí que la electricidad sea un bien complementario.

La demanda de agua para riego agrícola por gravedad (ecuación 4), considera al agua como un insumo necesario para el proceso de producción agrícola. Las variables explicadoras son precio promedio por Dm³, PIB per cápita real en Sinaloa, precio promedio del agua en el sector residencial retrasado un periodo, superficie de riego por gravedad, precio de la electricidad para uso agrícola, y precio del nitrógeno para uso agrícola retrasado un periodo.

La ecuación 6 se refiere a la demanda de agua del sector pecuario y considera al agua como un insumo para la producción de bovino en pie para exportación, y carne de bovino y porcino en canal para los mercados local y nacional. Las variables explicadoras son precio del agua en este sector, precio de la energía eléctrica para uso agrícola, precio del bovino en pie en el mercado nacional, ingreso medido por el PIB per cápita real en Sinaloa, precio del agua para riego por gravedad y lluvias. La energía eléctrica es un insumo en la producción de carne porcina, pero su repercusión es baja en la producción de bovino en pie. La ecuación 8 expresa la demanda de agua en el sector industrial y considera el agua como insumo necesario para la producción de bienes de consumo final, especialmente alimentos. La industria regional usa el agua para lavar, precalentar y enfriar espacios y equipos, y cocinar alimentos. Se explica por el precio de energía eléctrica para uso industrial, el agua para riego agrícola, el agua para uso comercial, el PIB per cápita real en Sinaloa, la temperatura y la lluvia. La demanda de agua en el sector comercial (ecuación 10) considera al agua un insumo necesario para las tareas de limpieza y enfriamiento de espacios e higiene personal. Variables como precio, precio de la energía eléctrica para uso comercial, precio del agua para el sector industrial, PIB per cápita real en Sinaloa y temperatura media anual de la región se consideran determinantes de la demanda de agua en este sector.

irrigation and the amount of water stored in dams. Water consumption in this sector requires electric appliances; hence electricity is a complementary good.

Water demand for surface irrigation (equation 4) considers water as a necessary input for agricultural production process. The explanatory variables are average price per dm³, real GDP per capita in Sinaloa, average price of water in the residential sector of a previous period, surface water irrigation, price of electricity for agricultural use, and nitrogen price for agricultural use of a previous period.

Equation 6 refers to water demand of the livestock sector and considers water as an input for production of live cattle for export, and beef and pork in carcass for local and national markets. The explanatory variables are price of water in this sector, price of electricity for agricultural use, price of live cattle on the domestic market, average income measured by real GDP per capita in Sinaloa, price of water for surface irrigation and rainfall. Electricity is an input in the production of pork, but has low impact on the production of live cattle. Equation 8 that expresses water demand in the industrial sector considers water as a necessary input for the production of final consumer goods, especially food. The regional industry uses water to wash, warm up and cool spaces and equipment, food and cooking. It is explained through the price of electricity for industrial use, of water for agricultural irrigation, water for commercial use, real GDP per capita in Sinaloa, and temperature and rainfall. Water demand in the commercial sector (equation 10) considers water a necessary input for cleaning and cooling of spaces and personal hygiene. Variables such as price, price of electricity for commercial use, price of water for industry, real GDP per capita in Sinaloa and average annual temperature of the region are determinants of water demand in this sector.

Identity 11 establishes that the annual demand for water stored in the regional system of dams is equal to the sum of demands in the residential, agricultural, livestock, industrial and commercial sectors except the demand of underground water. Identity 12 shows that annual groundwater demand is equivalent to the average value of the difference between water demand in the livestock sector, and estimated water demand by pigs. This is because the water used by pigs comes from the system of dams. The mean value refers to the livestock sector using groundwater only half the year. Identity 13 establishes that the total annual water demand in northern Sinaloa is equivalent to the sum of water demand in the residential, livestock, agricultural, industrial and commercial sectors. Groundwater demand is included in the demand of the livestock sector.

Measuring the price of water in the residential, industrial and commercial sectors took as proxy variable the rate corresponding

La identidad 11 establece que la demanda anual de agua almacenada en el sistema regional de presas es igual a la suma de las demandas en los sectores residencial, agrícola, pecuario, industrial y comercial menos la demanda de agua subterránea. La identidad 12 muestra que la demanda anual de agua subterránea equivale al valor medio de la diferencia entre la demanda de agua en el sector pecuario, y la demanda estimada de agua del ganado porcino. Lo anterior se debe a que el agua usada por el ganado porcino proviene del sistema de presas. El valor medio se refiere a que el sector pecuario usa el agua subterránea sólo la mitad del año. La identidad 13 establece que la demanda anual total de agua en el norte de Sinaloa es igual a la suma de la demanda de agua en los sectores residencial, pecuario, agrícola, industrial y comercial. La demanda de agua subterránea está incluida en la demanda del sector pecuario.

La medición del precio del agua en los sectores residencial, industrial y comercial tomó como variable proxy la tarifa correspondiente al consumo de 31 a 40, 251 a 350, y 100 a 150 m³ al mes. La información usada provino de los estados financieros y registros de operación de los organismos administradores del agua en cada municipio. Algunas tarifas fueron extraídas de los comunicados emitidos por cada junta de agua potable en el Diario Oficial del Estado (Diario Oficial del Estado de Sinaloa, 2011). El número de tomas y población con el servicio de agua potable provino de CONAGUA (2010 y 2011^[6]). Los datos de población, PIB per-cápita en Sinaloa y población empleada provinieron del INEGI-BIE (2011).

La variable proxy del precio de la energía eléctrica en cada sector fue las tarifas 1C y 1F para fuera y dentro del verano en el sector residencial (CFE, 2011a). También se consideraron las tarifas 2, O-M y 9-CU para los sectores comercial, industrial y agrícola, respectivamente (CFE, 2011b). Los datos sobre almacenamiento de agua en las presas, la precipitación pluvial y la temperatura provinieron de los registros y estaciones meteorológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA-DR75, 1990-2010^[4]; CONAGUA-DR76, 1990-2010^[5]). Para el sector agrícola, la variable proxy del precio anual del agua fue la cuota por dm³ que la CONAGUA sugiere a cada módulo de riego. La superficie sembrada en la región provino de los reportes mensuales elaborados por CONAGUA a través de los distritos de riego 75 y 76 con información de todos los módulos de riego. Los precios del amoníaco para uso agrícola y de la gasolina magna se obtuvieron de los anuarios publicados por Petróleos Mexicanos (PEMEX, 1990-2010). El precio del agua para el sector pecuario tomó como variable proxy la cuota cobrada por las asociaciones ganaderas locales por su transporte a los puntos de abrevadero del ganado bovino regional. El precio de la carne del bovino en pie provino de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y su Servicio de Información

for consumption of 31 to 40, 251 to 350, and 100 to 150 m³ per month, respectively. The data used came from the financial and operating records of water management agencies in each municipality. Some rates were drawn from the communications issued by each board of potable water in the Official State Journal (Diario Oficial del Estado de Sinaloa, 2011). The number of taps and the population with drinking water service came from CONAGUA (2010 and 2011^[6]). The data on population, GDP per capita in Sinaloa and employed population came from INEGI-BIE (2011).

The proxy variable for the price of electricity in each sector was 1C and 1F rates for in and off summer in the residential sector (CFE, 2011a). Also, we considered the rates 2, O-M and 9-CU for commercial, industrial and agricultural sectors, respectively (CFE, 2011b). Data on water storage in dams, rainfall and temperature came from records and weather stations of the National Water Commission (CONAGUA-DR75, 1990-2010^[4]; CONAGUA-DR76, 1990-2010^[5]). For the agricultural sector, the proxy variable for annual price of water was the fee dm³ that CONAGUA suggests for each irrigation module. The planted surface in the region came from the monthly reports prepared by CONAGUA through irrigation districts 75 and 76 with information of all the irrigation modules. Ammonia prices for agricultural use and magna gasoline were obtained from the yearbooks published by Petróleos Mexicanos (PEMEX, 1990-2010). The price of water for livestock sector took as proxy variable the fee charged by local livestock associations by their transport to the regional watering place for cattle. The meat price of beef cattle came from the Ministry of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food and the Agro-food and Fisheries Information Service (SAGARPA-SIAP, 2011). The indices to deflate the monetary variables came from Bank of Mexico (BM, 2011).

The model was estimated by the two-stage least squares method, with the procedure SYSLIN of SAS. The estimate of the price elasticity of water demand in each sector made use of the coefficients obtained in the structural model. The correlation tests of predicted data of the model were performed using the Pearson coefficient and valuation of normality of errors of model was made by the Wilk-Shapiro test (Gujarati, 2003).

RESULTS AND DISCUSSION

The model measures the effect that price of water, price of electricity and income of each consumer has on water demand for each consumer sector of northern Sinaloa. Statistical significance of each variable was different. The lack of use of electricity

Agroalimentaria y Pesquera (SAGARPA-SIAP, 2011). Los índices para deflactar las variables monetarias provinieron del Banco de México (BM, 2011).

El modelo se estimó con el método de mínimos cuadrados en dos etapas, con el procedimiento SYSLIN de SAS. La elasticidad precio de la demanda de agua en cada sector se estimó usando los coeficientes obtenidos en el modelo estructural. Las pruebas de correlación de los datos del modelo y predichos se realizaron con el coeficiente de Pearson y la valoración de la normalidad de los errores del modelo con la prueba de Wilk-Shapiro (Gujarati, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo mide el efecto que el precio del agua, el precio de la energía eléctrica y el ingreso de cada consumidor tienen sobre la demanda de agua para cada sector consumidor del norte de Sinaloa. La significancia estadística de cada variable fue distinta. La falta de uso de energía eléctrica en el sector agrícola determinó la ausencia de significancia de esta variable en la explicación de la demanda de agua. De acuerdo con el procedimiento stepwise de SAS, las otras variables son significantes al 15 %. Los valores de R^2 fueron 0.80 a 0.93 para las ecuaciones del precio, y 0.87 a 0.99 para las ecuaciones de la demanda de agua. Esto indica que más de 85 % de la variación de la demanda estimada de agua se explica por cambios en las variables explicativas. Los valores de F para las expresiones del precio y demanda de agua fueron menores a 0.0001 y 0.0013 y mostraron que los factores considerados en el modelo son altamente significativos en el comportamiento del precio y la demanda. Los valores de la razón de t estuvieron en términos absolutos entre 1 y 2.5 y son congruentes con la teoría económica (Cuadros 2 y 3). Los valores de los coeficientes de correlación de Pearson (y $\text{Prob}>|R|>\alpha$) entre la demanda de agua para uso agrícola y demandas en los sectores pecuario, residencial, industrial y comercial fueron 0.3078 (0.1746), 0.2912 (0.20), -0.0404 (0.8618) y 0.5367 (0.012). Los resultados indicaron que para índices de confianza de 90 y 95 % no existe correlación entre el comportamiento de la demanda de agua para uso agrícola y las demandas de agua en los otros sectores. Los coeficiente de correlación de Pearson (y $\text{Prob}>|R|>\alpha$) para los valores predichos de las demandas de agua en los sectores agrícola, pecuario, residencial, industrial y comercial fueron

in agriculture determined the lack of significance of this variable in explaining water demand. According to the stepwise procedure of SAS, the remaining variables are significant at 15 %. The values of R^2 were between 0.80 and 0.93 for the price equations, and between 0.87 and 0.99 for equations of water demand. This indicates that more than 85 % of the variation in estimated water demand is explained by changes in the explanatory variables. The F values for price expressions and water demand were lower than 0.0001 and 0.0013 and showed that the factors considered in the model are highly significant in the behavior of price and demand. The values of the t ratio were in absolute terms between 1 and 2.5 and are consistent with economic theory (Tables 2 and 3). The values of the Pearson correlation coefficients (and $\text{Prob}>|R|>\alpha$) between water demand for agricultural use and demands in the livestock, residential, industrial and commercial sectors were 0.3078 (0.1746), 0.2912 (0.20), -0.0404 (0.8618) and 0.5367 (0.012). Results indicated that for confidence indices of 90 and 95 % there is no correlation between the behavior of water demand for agriculture and water demand for other sectors. The Pearson correlation coefficients (and $\text{Prob}>|R|>\alpha$) for the predicted values of water demands in the agricultural, livestock, residential, industrial and commercial sectors, were 0.2475 (0.2926), -0.6526 (0.0018), -0.123 (0.6059), 0.3525 (0.1274) and 0.7212 (0.003) and showed that the predicted values have no correlation.

The Pearson correlation test showed no correlation between the values of the endogenous variables and their predicted ones, and according to the Wilk-Shapiro test residuals expressions for water demand meet the assumption of normality.

Results confirmed the hypothesis. Water demand in different sectors responded inelastically to price changes, with coefficients -0.087 , -0.125 , -0.065 , -0.082 and -0.005 for residential, agricultural, livestock, industrial and commercial sector (Table 4).

The value of -0.125 for elasticity price of demand in the agricultural sector shows that a 5 % decrease in water consumption for agricultural surface irrigation, keeping all other variables constant, requires 40 % increase in the price of liquid. This implies an increase in the price of 134.62 to 188.46 pesos per dm^3 .

Cuadro 2. Coeficientes de las variables exógenas más significativos del modelo estructural para el precio del agua.
Table 2. Coefficients of the most significant exogenous variables of the structural model for the price of water.

Variable	Intercepto	Variables exógenas				R ²	Prob>F
<i>PRAR2</i>	0.084	<i>QADSR</i>	<i>PRAR2L</i>	<i>PIBPCRS</i>	<i>QADRGL</i>	0.818	0.0013
	Error est.	-0.00429	0.196	0.000033	-0.000002		
	Razón de t	0.07	0.0031	0.216	0.000013		
<i>PRARG2</i>	0.0565	<i>QADRG</i>	<i>PRARG2L</i>	<i>PIBPCRS</i>	<i>QADSRL</i>	0.928	0.0001
	Error est.	-0.00017	0.5923	0.00013	0.0278		
	Razón de t	0.242	0.0001	0.2076	0.0002		
<i>PRASP</i>	0.2815	<i>QADSP</i>	<i>PRASPL</i>	<i>QADRGL</i>	<i>QADSRL</i>	0.899	0.0001
	Error est.	-0.0035	0.2029	-0.000005	-0.0101		
	Razón de t	0.4541	0.1107	0.3538	0.00002		
<i>PRAUI</i>	0.442	<i>QADI</i>	<i>PRAUIL</i>	<i>PIBPCRS</i>	<i>QADSRL</i>	0.804	0.0005
	Error est.	-0.0478	0.931	0.000047	0.0024		
	Razón de t	0.312	0.105	0.2461	0.00008		
<i>PRAUC2</i>	0.9108	<i>QADSC</i>	<i>PRAUC2L</i>	<i>QADRGL</i>	<i>QADSRL</i>	0.826	0.0003
	Error est.	-0.576	1.063	0.00002	0.0095		
	Razón de t	0.4005	0.2576	0.277	0.00002		

Cuadro 3. Coeficientes de las variables exógenas más significativos del modelo estructural para la demanda de agua.
Table 3. Coefficients of the most significant exogenous variables of the structural model for the water demand.

Variable	Intercepto	Variables exógenas				R ²	Prob>F
<i>QADSR</i>	-4.212	<i>PRAR2</i>	<i>PRER2</i>	<i>PIBPCRS</i>	<i>PRARG2L</i>	0.991	0.0001
	Error est.	-52.174	-657.421	0.00083	2.583		
	Razón de t	3.499	23.148	134.818	0.003		
<i>QADRG</i>	-1306.77	<i>PRARG2</i>	<i>PRAR2L</i>	<i>PIBPCRS</i>	<i>PREUA</i>	0.878	0.0001
	Error est.	-265.76	-2041	0.4479	10492.07		
	Razón de t	630.15	190.544	6902.19	0.539		
<i>QADSP</i>	4.855	<i>PRASP</i>	<i>PREUA</i>	<i>PIBPCRS</i>	<i>PRARG2L</i>	0.98	0.0001
	Error est.	-1.66	36.022	0.00032	0.2425		
	Razón de t	0.1797	0.4499	7.949	0.000256		
<i>QADI</i>	0.232	<i>PRAUI</i>	<i>PREUIL</i>	<i>PRARG2L</i>	<i>PIBPCRS</i>	0.958	0.0001
	Error est.	-0.3502	-49.911	0.1389	0.00016		
	Razón de t	0.539	0.3816	9.215	0.0594		
<i>QADSC</i>	1.6957	<i>PRAUC2</i>	<i>PREUC3</i>	<i>PRAUIL</i>	<i>PIBPCRS</i>	0.871	0.0001
	Error est.	-0.1239	-7.051	0.0255	0.00073		
	Razón de t	0.5112	0.6263	3.1137	0.5043		

0.2475 (0.2926), -0.6526 (0.0018), -0.123 (0.6059), 0.3525 (0.1274) y 0.7212 (0.003) y mostraron que los valores predichos no presentan correlación.

La prueba de correlación de Pearson no mostró correlación entre los valores de las variables endógenas y sus predichos, y según la prueba de Wilk-Shapiro los residuales de las expresiones para la demanda de agua cumplen con el supuesto de normalidad.

Los resultados corroboraron la hipótesis planteada. La demanda de agua en los diferentes sectores responde inelásticamente a los cambios del precio, con coeficientes -0.087, -0.125, -0.065, -0.082 y -0.005 para el sector residencial, agrícola, pecuario, industrial y comercial (Cuadro 4).

El valor de -0.125 para elasticidad precio de la demanda en el sector agrícola muestra que una disminución de 5 % en el consumo de agua para riego agrícola por gravedad, manteniendo constante las demás variables, requiere incremento de 40 % del precio del líquido. Esto implica aumento del precio de 134.62 a 188.46 pesos por dm^3 .

Para la demanda de 2502.2 hm^3 de agua, en el 2010, la disminución correspondiente del consumo sería 127 hm^3 , equivalente a disminuir la lámina promedio de riego de 7.2 a 7.02 cm y la adopción de cultivos menos demandantes de agua, como frijol, trigo, papa, pepino (*Cucumis sativus* L.) y sorgo. Estos cultivos tienen menos rentabilidad económica y, excepto el frijol, menor importancia en la alimentación de los mexicanos.

El maíz en el mercado nacional es importante y el precio del agua es bajo respecto al valor medio económico de la producción del cultivo, por lo que

For the demand of 2502.2 hm^3 of water, in 2010, the corresponding decrease in consumption would be 127 hm^3 , equivalent to reduce the average irrigation level of 7.2 to 7.02 cm and the adoption of less demanding crops of water such as beans, wheat, potato, cucumber (*Cucumis sativus* L.) and sorghum. Previous crops have fewer economic returns and, except beans, are less important in the Mexican diet.

Corn on the domestic market is important and the price of water is low respect to the average economic crop production, so that the increase of liquid should be of a magnitude that decreases the profitability of the crop, and induces the producer to the adoption of water saving behavior and technology. The elasticity that relates the price of electricity and water consumption for agricultural use is insignificant. This result is because the demand for this sector is covered with water driven by gravity and there is no need for pumping.

The indispensability of water in animal life explains the inelasticity in demand in the livestock sector. A decrease of 5 % of the water demand would require increasing 76.9 % its price; but the socio-economic situation of the sector makes unlikely this measure.

The value of the price elasticity of its water demand by residential sector was -0.087. By using similar variables and methodologies, the value was -0.08 for Zaragoza, Spain (Arbués and Villanúa, 2006); for the Comarca Lagunera was -0.003 (Guzmán-Soria *et al.*, 2006), and -0.20 and -0.18 for Torreón, Coahuila, and Gómez

Cuadro 4. Elasticidades relacionadas con la demanda de agua en el norte de Sinaloa.

Table 4. Elasticities related to water demand in northern Sinaloa.

Variable	Precio del agua					Precio de la energía eléctrica			
	PRAR2	PRARG2	PRASP	PRAUI	PRAUC2	PRER	PREUA	PREUIL	PREUC3
QADSR	-0.087					-0.22			
QADRG		-0.125					-0.031		
QADSP			-0.065				0.051		
QADI				-0.82				-0.9	
QADSC					-0.0054				-0.085
QADP	-0.001	-0.123	-0.0001	-0.00002	-0.000006	-0.003	-0.032	-0.0002	-0.0001
QASUBD			-0.065				0.051		
QTADNS	-0.0009	-0.1	-0.0001	-0.00002	-0.000005	-0.003	0.027	-0.0002	-0.00009

el incremento del líquido debe ser de una magnitud que disminuya la rentabilidad del cultivo, e induzca al productor a la adopción de conducta y tecnología ahorradora de agua. La elasticidad que relaciona el precio de la energía eléctrica y el consumo de agua para uso agrícola es poco significativa. Este resultado se explica porque la demanda de este sector es cubierta con agua conducida por gravedad y no existe necesidad de aplicar bombeo.

El carácter indispensable del agua en la vida animal explica la inelasticidad en su demanda en el sector pecuario. Una disminución de 5 % de la demanda de agua requeriría incrementar 76.9 % su precio; pero la situación socioeconómica del sector hace poco factible esta medida.

El valor de la elasticidad precio de su demanda de agua por el sector residencial -0.087 . Con variables y metodologías similares, el valor fue -0.08 para Zaragoza, España (Arbués y Villanúa, 2006); en la Comarca Lagunera, -0.003 (Guzmán-Soria *et al.*, 2006), y -0.20 y -0.18 para Torreón, Coahuila, y Gómez Palacio, Durango, (García-Salazar y Mora-Flores, 2008). El resultado obtenido indica que una disminución de 5 % en el consumo de agua en el sector residencial requeriría 57.5 % de aumento del precio del agua, equivalente a llevar el precio de 3.84 a 6.05 pesos por m^3 y disminuir 1.8 hm^3 por año. El precio de la energía eléctrica también influye en el ahorro de agua en el sector residencial. La elasticidad cruzada que relaciona el precio de la electricidad y la demanda de agua es -0.22 , e indica que un aumento de 10 % del precio de la electricidad causaría un descenso de 2.2 % en el consumo; es decir, elevar el precio nominal de 0.66 a 0.73 pesos por kilowatt-hora propiciaría la caída de la demanda de 0.79 hm^3 .

La elasticidad precio de la demanda de agua para el sector industrial fue -0.082 . Con una demanda de 0.642 hm^3 de agua en este sector, durante el 2010, la disminución de 5 % equivale a 0.0321 hm^3 , cifra muy inferior a la de los otros sectores. La elasticidad que relaciona la demanda de agua y el precio de la energía eléctrica fue -0.90 en este sector. Es decir, un incremento de 10 % del precio de la energía eléctrica ocasionaría una caída de 9.0 % de la demanda de agua. La inelasticidad de la demanda de agua en el sector comercial determina que una disminución de 5 % en el consumo de agua requiere aumentar 925.9 % el precio, lo que es poco factible. La elasticidad precio de la energía eléctrica en este sector,

Palacio, Durango (García-Salazar and Mora-Flores, 2008). The result indicates that a 5 % reduction in water consumption in the residential sector would require 57.5 % increase in the price of water; equivalent to change the price from 3.84 to 6.05 pesos per m^3 and decrease 1.8 hm^3 per year. The price of electricity also affects water savings in the residential sector. The cross elasticity that relates the price of electricity and water demand is -0.22 , and indicates that a 10 % increase in the price of electricity would cause a decrease of 2.2 % in consumption, *i.e.*, raise the nominal price of 0.66 to 0.73 pesos per kilowatt-hour would lead to the fall in demand of 0.79.

The price elasticity of water demand for the industrial sector was -0.082 . With a demand of 0.642 hm^3 of water in this sector, during the year 2010, the decrease of 5 % is equivalent to 0.0321 hm^3 , which is much lower than of the other sectors. The elasticity that relates water demand and the price of electric energy was -0.90 in this sector. That is, a 10 % increase in the price of electric energy would cause a fall of 9.0 % of water demand. The inelasticity of water demand in the commercial sector determines that a 5 % reduction in water consumption requires an increase of 925.9 % in the price, which is unlikely. The price elasticity of electric energy in this sector, in relation to water demand was -0.085 , and it means that a 10 % increase in the price of kilowatt-hours would lead to a fall of 0.85 % of water demand, equivalent to 0.021 hm^3 , low amount compared to the agricultural and residential sectors.

Water is part of a natural cycle, independent of a business purpose and the lack of elements to dimension the factors that make sustainable the resource exploitation, prevent to establish the appropriate value of the water. In addition, in Mexico there are measures that inhibit the effectiveness of price as a means of controlling water demand. Chapter VIII, Article 223, paragraph "c" of the Federal Law of Rights (SEMARNAT, 2010), indicates that the volumes of water conceded for agriculture/livestock use are not subject to charge. This section does not refer to the need for enforcement and restoration of ecological conditions that encourage the stability of the hydrological cycle, but the price of water should consider this aspect.

en relación con la demanda de agua fue -0.085 , y significa que un aumento de 10 % en el precio del kilowatt-hora causaría una caída de 0.85 % de la demanda de agua, equivalente a 0.021 hm^3 , cantidad baja comparada con los sectores agrícola y residencial.

El agua es parte de un ciclo natural, independiente de un objetivo comercial, y faltan elementos para dimensionar los factores que hacen sostenible su explotación, lo cual impide establecer el valor adecuado del agua. Además, en México existen medidas que inhiben la efectividad del precio como instrumento de control de la demanda de agua. El capítulo VIII, artículo 223, inciso "c" de La Ley Federal de Derechos (SEMARNAT, 2010), indica que los volúmenes de agua concesionados para el uso agropecuario no son objeto de cobro. Este apartado no hace referencia a la necesidad de procurar y restaurar las condiciones ecológicas que motiven la estabilidad del ciclo hidrológico, pero el precio del agua debe considerar este aspecto.

CONCLUSIONES

La demanda de agua por los sectores residencial, agrícola, pecuario, industrial y comercial de la región norte de Sinaloa responde de manera inelástica a cambios en las tarifas y cuotas cobradas por su consumo. El sector agrícola concentra la demanda de agua mayor y presenta la elasticidad mayor. Por tanto, el precio podría ser una herramienta útil en el control de la demanda. Pero, la aplicación de subsidios y ausencia de parámetros que indiquen el valor del agua causan que los precios sean bajos para el agua consumida en este sector, lo cual es el factor principal en contra de la eficiencia de este instrumento como medio de control de su demanda. La aplicación de incrementos de 40 y 50 % en el precio del agua es factible si se considera el valor económico alto del cultivo de maíz blanco, aunque con poco impacto en la reducción de volúmenes demandados. La aplicación de incrementos mayores podría afectar negativamente la rentabilidad de la actividad de los productores ejidales y pequeños productores y causaría pobreza. La tendencia a la escasez de agua en la región hace necesario centrar esfuerzos que fomenten en el agricultor una cultura de ahorro del agua y promuevan la inversión en tecnología que elimine la incertidumbre derivada de la falta de agua en el sistema de presas.

CONCLUSIONS

Water demand for the residential, agricultural, livestock, industrial and commercial sectors of northern Sinaloa responds inelastically to changes in rates and fees charged by consumption. The agricultural sector concentrates greater water demand, and it presents the greatest elasticity. Therefore, the price could be a useful tool in controlling demand. However, the application of subsidies and lack of parameters indicating the value of water cause low prices for water consumed in this sector, which is the main factor against the efficiency of this instrument as a means of control its demand. The application of increases of 40 and 50 % in the price of water is feasible considering the high economic value of white corn, but with little impact on reducing volumes demanded. The application of greater increments could negatively affect the profitability of the activity of ejido farmers and small producers and would cause poverty. The trend of water scarcity in the region makes necessary to focus efforts to encourage a water-saving culture in the farmer and promote investment in technology that eliminates uncertainty arising from the lack of water in the dam system.

—End of the English version—



LITERATURA CITADA

- Arbués, F., and I. Villanúa 2006. Potential for pricing policies in water resource management: Estimation of urban residential water demand in Zaragoza, Spain. *Urban Studies* 43: 2421-2442.
- Bachrach, M., and W. Vaughan. 1994. Household water demand estimation. Inter-American Development Bank Productive Sector and Environment Sub department. Environment Protection Division. Tech. Rep. Working Paper ENP 106. Washington, D.C. 39 p.
- Beattie, B. R., and H. S. Foster. 1980. Can prices tame the inflationary tiger? *Am. Water Works Assoc.* 72: 441-445.
- BM (Banco de México). 2009. Índices de precios al productor, consumidor y UDIS. <http://www.banxico.org.mx/SieInternet/>. (Consultado: diciembre 2009).
- CFE (Comisión Federal de Electricidad). 2011a. Tarifa anual de energía eléctrica para servicio residencial. Región noroeste. <http://www.cfe.gob.mx/casa/ConocerTarifa/Paginas/>. (Consultado: febrero 2011).

- CFE (Comisión Federal de Electricidad). 2011b. Tarifas para consumo de energía eléctrica en los sectores agrícola, comercial e industrial. Región noroeste. <http://www.cfe.gob.mx/negocio/conocetarifa/Paginas/>. (Consultado: febrero 2011).
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010. Estadísticas del Agua en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 249 p.
- Diario Oficial del Estado de Sinaloa. 2011. Publicaciones de tarifas para consumo de agua por parte de las juntas de agua potable y alcantarillado municipales para el periodo 1990-2010. Culiacán, Sinaloa. 29 p.
- Diario Oficial de la Federación. 2009. Declaratoria de vigencia de la norma NMX-AA-147-SCFI-2008. 21 de abril de 2009. México, D.F. 4 p.
- García-Salazar, J. A., y J. S. Mora-Flores. 2008. Tarifas y consumo de agua en el sector residencial de la Comarca Lagunera, México. *Región y Sociedad* XX, Núm. 42: 119-132.
- Griffin R. C., and Ch. Chan. 1991. Seasonality in community water demand. *West. J. Agric. Econ.* 16: 207-217.
- Guzmán-Soria, E., J. A. García-Salazar, S. Mora-Flores, M. Fortis-Hernández, R. Valdivia -Alcalá, y M. Portillo-Vázquez. 2006. La demanda de agua en la Comarca Lagunera, México. *Agrociencia* 40(2): 793-803.
- Gujarati, D. N. 2003. *Econometría*. 4ta ed. Mc Graw Hill. México, D.F. 972 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2011. Censo General de Población y Vivienda (1990, 2000 y 2010) y Conteo de Población y Vivienda. (1995 y 2005). <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ccpv>. (Consultado: febrero 2011).
- INEGI-BIE (Instituto Nacional de Estadística y Geografía-Banco de Información Económica). 2011. Número de cabezas de ganado en el norte de Sinaloa, número de personas empleadas y económicamente activas, producto interno bruto nacional y por entidad en el periodo 1990-2010. <http://dgcnesyp.inegi.org.mx/cgi-win/bdieintsi.exe/SER208477>. (Consultado: febrero 2011).
- Lyman, R. A. 1992. Peak and off-peak residential water demand. *Water Resour. Res.* 28: 2159-2167.
- Nieswiadomy M., and D. Molina. 1989. Comparing residential water demand estimates under decreasing and increasing block rates using household data. *Land Econ.* 65: 280-289.
- Nieswiadomy M., and D. Molina. 1991. A note on price perception in water demand models. *Land Econ.* 67: 352-359.
- Olmstead S., Hanemann M., and Stavins R. 2007. Water demand under alternative price structures. *Environ. Econ. Manage.* 54: 181-198.
- PEMEX (Petróleos Mexicanos). 1990-2010. Anuarios estadísticos. Precios del amoníaco anhidro y gasolinas. www.pemex.com/informes/pdfs/anuario_estadistico_2010.pdf. (Consultado: marzo 2011).
- SAGARPA-SIAP (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2011. Precio anual del ganado bovino en pie en Sinaloa durante el periodo: 1990-2010. www.siap.gob.mx. (Consultado: marzo 2011).
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Ley Federal de Derechos 2010. Gobierno Federal. México, D.F. 405 p.
- Wong S. T. 1972. A model on municipal water demand: A case study of northeastern Illinois. *Land Econ.* 48: 34-44.