

**LA DEMANDA DEL AGUA Y SU ASIGNACIÓN
EFICIENTE EN LA AGRICULTURA: UN CASO EN
GUANAJUATO, MÉXICO**

**THE WATER DEMAND AND ITS EFFICIENT ALLOCATION IN
AGRICULTURE: A CASE IN GUANAJUATO, MEXICO**

Juan Carlos Castro Ramírez ^θ
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA IZTAPALAPA

Flor Virginia Cruz Gutiérrez ^λ
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

José Dolores Magaña Zamora ^κ
INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Guillermo Martínez Atilano ^η
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA IZTAPALAPA

Amelia Reyes Martínez ^ω
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Rafael Octavio Sainz Zamora ^ξ
ASESOR

^θ Departamento de Economía. Correo electrónico: ccr17@xanum.uam.mx

^λ Correo electrónico f_cruz@tlaloc.imta.mx

^κ Correo electrónico jmagana@tlaloc.imta.mx

^η Correo electrónico Departamento de Economía, gma@xanum.uam.mx.

^ω Correo electrónico Candidata a Doctora, melita1997@yahoo.com.

^ξ Correo electrónico rafaelsainz19@hotmail.com

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

- **RESUMEN:** En este trabajo se propone utilizar la demanda derivada de agua como un instrumento que coadyuve a la política de asignación del recurso. Se estiman las demandas de agua por cultivo y se simula un escenario con precios positivos; se comparan con los volúmenes concesionados por las autoridades del agua, mediante un caso de estudio en México (Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato), caracterizado por la presencia de conflictos en la distribución y competencia entre los diferentes usos del agua. Las autoridades que manejan las políticas hídricas podrían beneficiarse de un criterio auxiliar, para asignar los volúmenes de agua, respetando siempre la restricción de la disponibilidad natural del recurso. La pregunta es ¿de qué manera podría contribuir, la demanda derivada de agua, para que se alcance la asignación eficiente de este recurso en la agricultura? en este trabajo se responde mediante una metodología que permite examinar el problema de la eficiencia desde el punto de vista económico.
- **PALABRAS CLAVE:** demanda de agua, asignación eficiente, economía agrícola, políticas hídricas.
- **ABSTRACT:** This paper proposes to use the derived demand for water as an instrument that contributes to the resource allocation policy. Demands for water are estimated by crop and a scenario with positive prices is simulated, which allows its comparison with the granted water concessions by the water authorities, through a case study in Mexico (District of Irrigation 011, Alto Río Lerma, Guanajuato), characterized by the presence of conflicts in distribution and competition between the different uses of water. The authorities that manage water policy could benefit from auxiliary criteria, for allocating water volumes, always respecting the restriction of the natural availability of the resource. The question is how could contribute derived water demand, to achieve the efficient allocation of this resource in agriculture? in this work is answered through a methodology that allows examining the problem of efficiency from the economic point of view.
- **KEYWORDS:** water demand, efficient allocation, agricultural economics, water policies.
- **CLASIFICACIÓN JEL:** Q11, Q25, Q28.
- Recepción: 05/04/2017 Aceptación: 30/05/2017

Introducción

El objetivo de este trabajo consiste en estimar la demanda derivada de agua como insumo productivo, por tipo de cultivo y utilizarla posteriormente como un instrumento para verificar si se asigna o no, eficientemente el recurso, es decir, si la demanda y la oferta de agua son iguales o bien el exceso de demanda es cero, de esta forma, las autoridades contarían con criterios adicionales para formular una política de reasignación de volúmenes, disminuyéndolos cuando se establezca la existencia de un exceso de demanda de agua negativo e incrementándolos en caso contrario, siempre respetando la restricción de la disponibilidad natural del recurso.

Los recursos hídricos disponibles se han vuelto escasos ante el incremento de la población mundial y de las actividades económicas. La disponibilidad del agua se encuentra profundamente vinculada al desarrollo socioeconómico, por lo que se ha vuelto prioritaria la adopción de medidas para su uso eficiente y el manejo integral y sostenible del agua.

Se prevé que en el siglo XXI disminuya el volumen de agua renovable - cantidad máxima de agua factible de explotar anualmente en una región o país sin alterar el ecosistema- en la mayoría de las regiones subtropicales secas, incrementándose la competencia entre los usuarios. América Latina será una de las regiones más afectadas por el cambio climático; aumentarán las inundaciones y las sequías, reduciéndose la superficie agrícola. (CONAGUA, 2016).

En 2015 México ocupó la posición 94 en agua renovable per-cápita en una muestra de 200 países; comparativamente Belice, Perú, Paraguay y Bolivia ocuparon del doceavo al quinceavo lugar respectivamente, por su

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

parte Chile y Uruguay ocuparon los lugares 17 y 18, mientras Colombia y Brasil las posiciones 20 y 22 (CONAGUA, 2016).

Por otra parte, el grado de presión de los recursos hídricos se determina como el cociente del volumen total de agua extraída y el agua renovable. Por su baja disponibilidad, los países del Medio Oriente sufren una presión más alta, mientras que México se encuentra en el lugar 53 conforme a este indicador. En América Latina el grado de presión en promedio, es menor a 10%, lo cual significa que se encuentra sin estrés hídrico.

En el 2015 el grado de presión promedio en México era del 19.2%, el cual se considera bajo. Sin embargo, en algunas regiones el agua usada es mayor que el agua renovable, lo que da valores mayores al 100%. Por ejemplo, en el Valle de México, este indicador es muy alto con 139%, mientras que en la región Frontera Sur es de 1.7%, es decir, sin estrés hídrico.

México enfrenta problemas de escasez, en gran parte de su territorio, por la insuficiencia de lluvias y escurrimientos superficiales, por la falta de infraestructura para la captación, tratamiento de aguas residuales, conducción y entrega con el volumen y la continuidad que la demanda exige. Asimismo, enfrenta problemas de sobreexplotación de los acuíferos y cuerpos de aguas superficiales, ineficiencia y contaminación del agua (CONAGUA, 2016).

Respecto al problema de escasez, éste se ha manejado tradicionalmente por el lado de la oferta, es decir, mediante la construcción de la infraestructura hidráulica, lo cual ha permitido al menos temporalmente, satisfacer las crecientes demandas de agua de los diferentes sectores de usuarios: agrícola, industrial, doméstico y generación de energía eléctrica, entre otros. Sólo hasta hace poco relativamente, se ha insistido en ejercer un

mayor control de la demanda de agua, a través del uso de instrumentos económicos, para lograr su uso eficiente (C.P.N.H., 1985).

Los modelos económicos del agua pueden servir como instrumentos analíticos valiosos para el manejo integrado de este recurso, si se incluyen los costos de transacción (operación y administración) de diferentes sistemas de precios del agua, así como toda la información que las autoridades del agua han considerado en sus diseños de estructuras de derechos de agua.

No obstante, existen limitantes al momento de usar a los precios como mecanismo de asignación del agua. Las cuotas de agua, ya sea que se recauden antes o después del riego, rara vez afectan a las demandas de agua de los agricultores. En el caso más usual, es decir, cuando la asignación del agua está orientada por la oferta y los agricultores reciben el volumen autorizado por las autoridades del agua, las cuotas de agua cubren los costos de administración y mantenimiento, pero no racionan el consumo del agua. Por lo tanto, resulta crucial analizar con profundidad estas prácticas de gestión orientada por la oferta para entender muchos de los problemas de la irrigación (LeBaron y Keller, 1987).

Los principios básicos de asignación generalmente están diseñados para distribuir el agua respetando los parámetros de los sistemas de distribución ya construidos y según planes preestablecidos basados en los requerimientos de agua para cada tipo de cultivo, de forma rígida y sin tener en cuenta las preferencias de los agricultores (Chamber, 1988).

En ese mismo sentido, los directivos se enfrentan con situaciones diversas, por ejemplo: el agua no alcanza para los agricultores con derechos reconocidos, o las asignaciones planeadas no coinciden con las asignaciones reales. Esta situación vuelve al manejo del agua una actividad muy

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

complicada por lo cual se requiere de la profesionalización de la autoridad, la capacidad de negociación y persuasión, y el procesamiento de información.

De acuerdo con Young (1986), un sistema de derechos de agua diseñado para alcanzar la eficiencia en la asignación debe estar perfectamente definido, ser eficaz y plantear a los usuarios la consideración total de los costos totales de sus acciones. Es decir, debe ofrecer protección contra la incertidumbre jurídica, física y de posesión, permitiendo a los usuarios realizar inversiones rentables a largo plazo. Debe ofrecer la capacidad de transferir la asignación de este recurso entre usos, usuarios y regiones a lo largo del tiempo con base a los cambios de la demanda, de tal forma que este recurso se reasignará a usos de más valor conforme se vayan presentando.

En este trabajo se propone que la gestión de los recursos hídricos podría complementarse si, además de las características deseables señaladas anteriormente, así como de cumplir la condición indispensable de vigilancia y promoción del uso eficiente del agua desde el punto de vista de la oferta (tradicional), también se busque reasignar eficientemente los recursos desde el punto de vista económico (oferta-demanda) y eventualmente, en casos de extrema escasez, se considera la posibilidad de establecer políticas de precios para coadyuvar a reducirla a través de la demanda. Resalta la importancia de estimar las demandas de agua no sólo para el uso agrícola sino para los diferentes usos, incluyendo el medioambiente para poder aspirar a lograr su uso eficiente.

Este trabajo se divide en tres partes. En la primera se describen los antecedentes o estado del arte de la literatura del uso eficiente del agua y de la demanda de agua agrícola. En la segunda, se presentan los materiales y métodos utilizados, que incluyen el área de estudio, la descripción de los

datos, las especificaciones de las funciones de producción Cobb-Douglas, así como la estimación de las funciones de demanda derivadas de agua. En la tercera se desarrolla el análisis metodológico del uso eficiente y la discusión de los resultados. Finalmente, en la última parte se presentan las conclusiones y se proponen algunas recomendaciones.

I. Estado del arte

Uno de los principales problemas que enfrenta la agricultura en varias partes del mundo es la pérdida del agua durante su conducción y aplicación. Las pérdidas del agua en los distritos de riego que cuentan con presas de almacenamiento, tramo de río, redes y sistemas de aplicación del agua en parcela, son las siguientes: a) evaporación en el vaso de almacenamiento, en los canales a cielo abierto y en las parcelas; b) filtraciones en las redes de conducción y en la distribución; c) fugas y desfuegos, y, d) percolación y escurrimiento en las parcelas (Reyes, 2017).

Palacios (1971) señala que la eficiencia en el uso del agua en el riego está integrada por varios componentes, considerando las pérdidas de este recurso desde su almacenamiento, conducción y aplicación a las parcelas de los regantes. En forma general se define a la eficiencia en el uso del agua, como la relación entre el volumen de agua utilizado con un fin determinado y el volumen extraído o derivado de una fuente de abastecimiento con ese mismo fin; de acuerdo a la propuesta de la Comisión Internacional de Riego y Drenaje (Burman et al., 1981), la eficiencia en el uso del agua para riego se puede dividir en tres componentes: la eficiencia de almacenamiento, la de conducción y la de riego, propiamente dicha.

Existe sin embargo otra visión de la eficiencia. Una economía es eficiente cuando proporciona a sus consumidores la combinación de bienes que más

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

desean, dados los recursos y la tecnología; existe eficiencia en la asignación cuando no hay ninguna reorganización posible de la producción y distribución de los bienes que mejore el bienestar de una persona sin empeorar el de alguna otra. En condiciones de eficiencia en la asignación, sólo es posible aumentar la satisfacción o la utilidad de una persona reduciendo la de alguna otra (eficiencia de Pareto).

En un mercado competitivo, el sistema de precios funciona eficientemente porque los precios de mercado transmiten información tanto a los productores como a los consumidores. Sin embargo, existen fallas en los mercados.

Las fallas más comunes son aquellas relacionadas con la provisión de bienes públicos (para los cuales los precios del mercado son inapropiados) y los bienes colectivos (que están asociados con externalidades); el monopolio natural (cuando el mercado de un producto está dominado por un único vendedor; presencia de economías de escala, mercados de competencia imperfecta y mercados incompletos como resultado de los problemas de información.

Las características propias del recurso hacen que surjan este tipo de fallas. Kelso (1971) señala que el uso del agua genera externalidades; el agua no se consume totalmente con su uso, pasa al suelo y a la atmósfera y fluye, su volumen se recupera continuamente y puede emplearse repetidamente, aunque con frecuencia a costa de la pérdida de su calidad.

El agua que fluye pocas veces puede dividirse dentro de unidades discretas para uso individual, de esta manera es un bien no excluible (Randall, 1988). Adicionalmente cuando los sistemas de irrigación se congestionan, esto es, cuando la demanda de agua sobrepasa a la oferta

existente en la fuente de almacenamiento, el agua presenta rivalidad en su consumo. Esto significa importantes grados de conflicto entre los irrigadores, afectando los procesos de asignación.

Este autor señala que las fallas del mercado en irrigación son principalmente la no exclusión y la rivalidad. Por ejemplo, el incontrolable bombeo del agua subterránea que conduce a una extracción excesiva y a un alto costo para todos los irrigadores se presenta como un caso de la no exclusión con rivalidad.

La escasez creciente y los altos costos del suministro de agua, así como la limitación de las inversiones públicas, han favorecido la proliferación de estudios que se basan en los mecanismos de mercado, como una solución a los problemas de asignación eficiente del recurso. Simultáneamente se han señalado los problemas que surgen al considerar este tipo de mecanismos de asignación en un recurso como el agua.

Así, para Howe (1985), el mercado del agua es un mecanismo de asignación, que posee ventajas sobre los mecanismos alternativos, como la flexibilidad, la seguridad, la previsibilidad, etc. Aunque reconoce que los mercados tienen deficiencias, especialmente en relación con la cantidad y la calidad de los caudales de retorno, las cuales pueden mitigarse modificando el marco administrativo del sistema de derechos sobre el agua, señala que las ventajas de la propiedad privada y del intercambio a través del mercado, son mayores en comparación con el control y la asignación que lleva a cabo el gobierno.

Los estudios para analizar los mercados de agua han demostrado que difícilmente se pueden desarrollar totalmente como un mecanismo de asignación alternativo. Crouter (1985), mostró que el mercado del agua no se

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

ha desarrollado plenamente en Colorado (donde las leyes del agua permitían negociar el agua separadamente de la tierra) debido a los costos de transacción, además encontró que el funcionamiento del mercado del agua no era independiente del mercado de la tierra.

Los costos de negociación y búsqueda, identificación de los derechos del agua atribuibles y otros costos legales e informativos pueden ser suficientemente altos para hacer que el mercado del agua sea débil para operar independientemente del mercado de la tierra.

En Colby et al. (1991), se realiza un estudio en el oeste de Estados Unidos. Mediante un análisis de regresión encontraron dispersión de los precios del agua y concluyeron que están muy lejos de ser mercados competitivos (otra vez esto debido a los altos costos de transacción). Por su parte, Bauer (1993) en un análisis de mercados de agua en Chile, no encontró evidencias de transacciones de agua, independientes de la tierra, a pesar de que la Ley del Agua de 1981 volvió transferibles los derechos del agua (uno de los pocos países en el mundo). Argumenta que las transferencias de agua independientes de la tierra no son viables en la mayor parte de Chile por los altos costos de transacción.

De acuerdo con Rhodes y Sampath (1988), los modelos del precio del agua pueden dar prescripciones de política claras, para mejorar la eficiencia del agua e incluso la equidad, cuando es controlada por una autoridad del agua que puede hacer cumplir los derechos. De manera general, en éstos se busca un precio, que una autoridad monopolística del agua pueda establecer, para obtener los beneficios sociales más altos. Por su parte, los autores utilizan una función de producción de Cobb-Douglas, en la cual el agua es un factor de producción. La oferta de agua es fija y el problema de la autoridad es cómo asignar eficientemente esta agua para dos tipos de

ganancias máximas en los granjeros: grandes y pequeños (en términos de tierra), los cuales tienen la misma tecnología de producción.

Se ha constatado que cada vez se pone mayor énfasis en la utilización de los instrumentos económicos para racionalizar la demanda de agua, existen sin embargo relativamente pocos estudios econométricos enfocados en la estimación de la función de demanda de agua para uso agrícola y la respuesta de ésta ante las modificaciones de los precios.

Lo anterior se explica, en parte, porque en México, la Ley Federal de Derechos establece que el Derecho por explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales para el uso agropecuario es cero (CONAGUA, 2016). Sin embargo, puesto que no se trata de un bien de acceso libre, ya que su utilización exige tener un título de concesión otorgado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la demanda de agua como insumo existe y es necesario estimarla para conocer en cuanto excede a la oferta, o en este caso, al volumen concesionado por las autoridades que administran el recurso hídrico.

Un artículo que revisa, clasifica, analiza y pondera las ventajas o desventajas de las diferentes metodologías para la estimación de la demanda de agua para la agricultura es el de Baldovín y Berbel (2002), en éste se justifica la necesidad de realizar estudios sobre la demanda de agua de riego en las distintas zonas regables (cuantificación de elasticidades, análisis de las respuestas de los productores ante incrementos del precio del agua, etc.). Las metodologías pueden ser la programación matemática de diversos tipos, métodos econométricos, estimaciones de valoraciones de agua a partir de datos contables, análisis basado en precios de la tierra, etc.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

En Schoengold et al, (2004), se estiman los parámetros de una función de demanda de agua agrícola, utilizan datos de panel y suponen que los productores elijen simultáneamente los insumos, los productos y la tecnología. Los resultados obtenidos indican que la elasticidad precio de la demanda de agua oscila en el rango de -0.415 hasta -0.275, lo cual significa que la demanda de agua es inelástica respecto al precio, es decir, que la cantidad demandada de agua para uso agrícola responde menos que proporcionalmente ante las variaciones de su precio; se estiman también, los beneficios de conservación de la inversión, así como los ahorros de agua correspondientes a la tecnología seleccionada, los cuales varían ampliamente de acuerdo al tipo de cultivo, aunque en general, resultan alrededor del 50% respecto al volumen de riego por gravedad.

En Bontemps y Couture (2002), se desarrolla un modelo de programación dinámica para obtener el plan óptimo de riego; con base en un enfoque microeconómico, se describe el comportamiento del productor agrícola y se introduce un algoritmo de solución para el modelo agroeconómico utilizando una base de datos real; posteriormente se estima la función de beneficios y la función de demanda de agua para uso agrícola mediante un método no-paramétrico.

Este modelo se aplica al suroeste de Francia, donde se registran constantes conflictos por el agua. Los resultados muestran que, para pequeños volúmenes de agua disponible, la demanda de agua para uso agrícola es muy inelástica. Si se incrementa la cantidad total de agua disponible la demanda se vuelve más elástica, el rango para el cual existe respuesta de la demanda de agua ante los precios del agua oscila entre 0.30 Francos por m³ para un año húmedo hasta 1.60 Francos por m³ para un año seco. Los resultados son cruciales para que la institución reguladora analice

los efectos de la política de regulación de la demanda de agua basada en los precios. El impacto de un incremento en el precio del agua sobre la demanda de agua dependerá no solamente del clima sino también de cuáles son los precios iniciales y finales del agua.

Por su parte Moore et al, (1994) elaboran un modelo econométrico para una firma que produce múltiples productos y que utiliza agua de riego para cuatro regiones del oeste de los Estados Unidos, en éste se utilizan datos de sección cruzada para estimar las elecciones del cultivo, la oferta, la asignación de tierra y las funciones de demanda de agua.

El volumen de agua demandado por la agricultura es la suma de las demandas de agua para cada cultivo, a su vez, éstas se separan en las demandas de agua de margen extensivo (de acuerdo a la asignación de tierra) y las de margen intensivo (uso de agua en el corto plazo). Los resultados indican que las demandas que son elásticas respecto al precio del agua (medido como el costo del agua por bombeo) son primordialmente las de margen extensivo o de largo plazo.

En México, Guzmán, et al (2010), estiman los factores que afectan al consumo de agua subterránea, en los sectores agrícola de riego y pecuario, en el estado de Guanajuato, México, mediante un modelo de ecuaciones simultáneas, para lo cual se utilizó información estadística anual de 1980 a 2007.

Los resultados encontrados por los autores muestran que la demanda de agua es inelástica respecto al precio, con elasticidades de -0.052 para la agricultura de riego y de -0.004 para la ganadería. Estas elasticidades indican que en el sector pecuario el consumo de agua es muy poco sensible ante cambios en su precio, y lo es más en comparación con la agricultura de riego

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

y, concluyen que las políticas de gestión podrían considerar aumentos en el precio del agua en este sector.

Asimismo, en Guzmán et al (2006), se determinan los factores que afectan entre otras, a la demanda de agua en los sectores: agrícola de riego por bombeo, agrícola de riego por gravedad y pecuario de la Comarca Lagunera, México, para ello se estimó un modelo de ecuaciones simultáneas compuesto de cinco ecuaciones de demanda y seis identidades.

Los resultados muestran que la cantidad demandada de agua responde de manera inelástica ante cambios en el precio con elasticidades de -0.002 para la ganadería, -0.108 para la agricultura de riego por bombeo y -0.023 para la agricultura de riego por gravedad. Dichas elasticidades indican que una disminución en 1% en la cantidad consumida de la agricultura de riego por bombeo y la agricultura de riego por gravedad podría lograrse aumentando el precio del agua en 9.3% y 43.9% respectivamente.

De acuerdo a Kelso (1971), las políticas e instituciones que regulan y asignan el agua no permiten que se opere al nivel de la eficiencia económica o de una forma que se acerque razonablemente al mejor servicio del interés público. Señala que si el agua tuviera un valor natural (exista o no un precio de mercado), es decir, si tuviera un valor representativo de su importancia para la comunidad, su asignación resultaría más eficiente desde el punto de vista del bienestar comunitario. La ausencia de señales de precios conduce así a su sobreexplotación y a la asignación del recurso como si se tratara de un bien de acceso libre, pero en cuanto su demanda crece, su propia escasez la hace convertirse en un bien que presenta rivalidad en su consumo y las instituciones públicas encargadas de su asignación buscan su racionamiento generándose fuertes conflictos entre los usuarios.

II. Muestras y método de investigación

La agricultura es por mucho, el sector usuario de agua más grande en México con 76.3% del volumen total concesionado. Esta situación se replica en otros países, como en Argentina y en Brasil donde se destina 73.9% y 60% al uso agrícola, del volumen total extraído. (CONAGUA, 2016).

Con base en el VII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 (INEGI, 2007), la superficie en unidades agrícolas de producción fue de 30.2 millones de hectáreas, de las cuales 18% era de riego y el resto tenía régimen de temporal. México ocupa el sexto lugar mundial en términos de superficie con infraestructura de riego con 6.4 millones de hectáreas, de las cuales el 54% corresponde a 85 distritos de riego, y el restante a más de 39 mil unidades de riego. El 33.6% del agua concesionada para uso agrícola es de origen subterráneo.

En México la Comisión Nacional del Agua determina si a la cuenca o al acuífero se le puede extraer un volumen adicional sin comprometer el ecosistema. Esa condición se denomina disponibilidad. Hay cuatro zonas de disponibilidad, siendo la zona uno la de escasez y la cuatro la de abundancia. Los derechos por explotación, uso o aprovechamiento del agua se cobran en función del volumen extraído; en general el costo por metro cúbico es mayor en las zonas con menor disponibilidad. El usuario agrícola que no exceda su concesión no paga derechos (CONAGUA, 2016).

El área de estudio se localiza dentro del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato. Este es el más grande de los nueve distritos que integran la cuenca Lerma-Chapala. Se encuentra localizado en el tramo superior de esta cuenca hidrológica, al sur del estado de Guanajuato.

■ ECONOMÍA COYUNTURAL

De acuerdo con el Plan Director para la Modernización Integral del Distrito de Riego 011 (CONAGUA, 2010), este Distrito se ubica geográficamente entre los paralelos 19°55' y 21°52' de longitud norte y los meridianos 99°39' y 102°05' de longitud oeste, a una altitud de 1,700 metros sobre el nivel del mar.

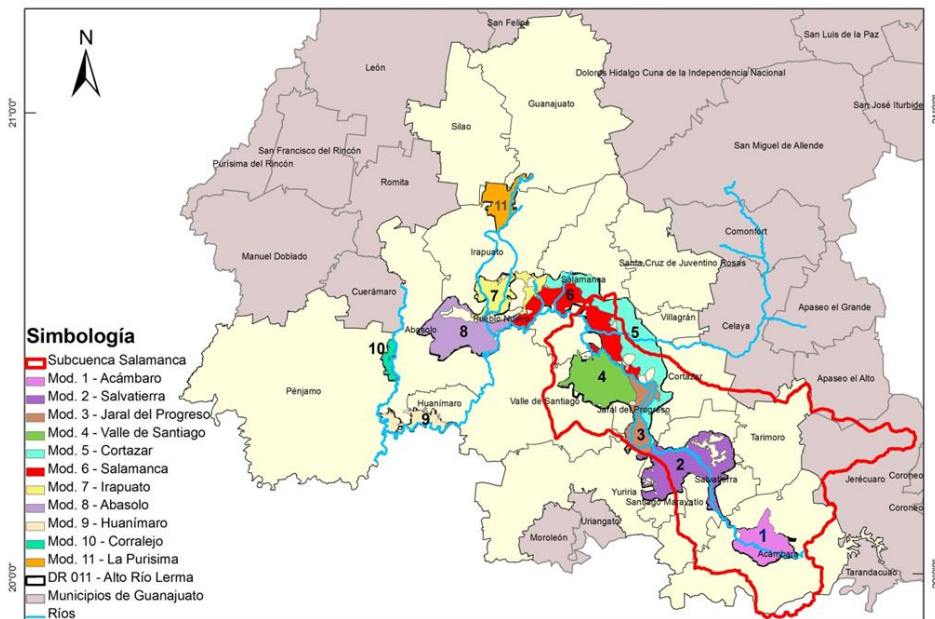


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia con base en Conagua, 2010.

Dentro del área del Distrito de Riego 011, Alto Lerma, Guanajuato, se localizan los siguientes municipios: Acámbaro, Salvatierra, Santiago Maravatío, Jaral, Yuriria, Valle de Santiago, Villagrán, Cortazar, Salamanca, Irapuato, Guanajuato, Silao, Tarimoro, Pueblo Nuevo, Abasolo, Huanímaro y Pénjamo.

El Distrito de Riego, está conformado por once módulos de riego, los cuales tienen una superficie total de 114,002 hectáreas, de las cuales 109,417 son regables. Por su tipo de propiedad, 61,203 hectáreas son ejidales y 48,214 son de propiedad privada. El número total de usuarios es de 25,430, de los cuales, el 76.62% son ejidatarios, esto es, 19,485, y el 23.38% restante, 5,945 son pequeños propietarios (CONAGUA, 2010).

En esta zona el clima es templado prácticamente todo el año, la estación lluviosa está bien definida de junio a septiembre y los inviernos son secos y benignos. El déficit de lluvia respecto a la Evapotranspiración Potencial (ETP) se presenta desde el mes de octubre hasta mediados de junio. En los meses de julio, agosto y septiembre, la lluvia es superior a la ETP. Se tiene de esta manera, una estación lluviosa bien definida, de junio a septiembre, con inviernos secos y benignos, y en general, con déficits de agua en casi todo el tiempo, por lo que la agricultura segura sólo prospera con el riego y las demás actividades económicas y productivas están sujetas a la disponibilidad de agua.

En el Distrito de Riego 011, el 91.5% de la superficie con derecho a riego, se abastece con agua superficial y el 8.5% restante con agua subterránea. Las fuentes de abastecimiento de agua superficial, son las presas Tepuxtepec y Solís, la laguna de Yuriría y la presa Purísima; mediante las presas derivadoras: Chamácuaro, Reforma, Lomo del Toro, Santa Julia y Markazuza, se alimenta una red de 422 km de canales principales y 1,183 km de canales laterales, y 13,293 estructuras de control. Por otra parte, los principales acuíferos que abastecen de agua subterránea al Distrito son: Valle de Acámbaro, Valle de la Cuevita, Salvatierra-Acámbaro, Irapuato Valle, Valle de Celaya y Pénjamo-Abasolo.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

La Cuenca Lerma-Chapala es una de las cuencas más competidas y explotadas, con amplia variación espacial y temporal en la disponibilidad de agua. La escasez del agua ha creado una compleja red de intereses sobre este recurso en términos de calidad y cantidad en períodos de estiaje prolongado ante un crecimiento continuo de la demanda; existe un ambiente de competencia por este recurso que acentúa los conflictos entre usuarios y autoridades de la región.

Como consecuencia de este problema, se crea el primer Acuerdo de Coordinación firmado por la federación y los gobiernos de los estados que utilizan los recursos del Río Lerma, el 13 de abril de 1989. Con el objeto de dar seguimiento a los compromisos contraídos y de evaluar los avances, se crea el Consejo Consultivo de Evaluación y Seguimiento. Este consejo está formado por representantes de las diversas Dependencias del Gobierno Federal relacionadas con el tema, representantes de los Gobiernos Locales (Gobiernos Estatales de Guanajuato, Jalisco, Michoacán, México y Querétaro) y representantes de los usuarios del recurso (D.O.F., 2004).

Como parte de sus actividades este Consejo se encarga de dar seguimiento a las acciones para cumplir los objetivos planteados: sanear la cuenca; ordenar y reglamentar el uso del agua entre las entidades; lograr el uso eficiente del agua, y manejar y conservar las cuencas y corrientes (D.O.F., 2004).

Posteriormente, en el marco de la promulgación de la Ley de Aguas Nacionales, en diciembre de 1992, este consejo se convirtió formalmente en el Consejo de Cuenca Lerma-Chapala el 28 de enero de 1993.

En el marco de este acuerdo, se estableció un Convenio para definir la fórmula de asignación anual de agua para cada usuario. Pero a pesar del establecimiento de este convenio, siguen persistiendo los conflictos sociales.

En el mes de noviembre de cada año, el Consejo, apoyado en el boletín que para tal efecto publica la CONAGUA, determina y asigna el volumen que de las fuentes superficiales podrán disponer los usuarios de la Cuenca a lo largo del año. El volumen de extracción se calcula de acuerdo con el almacenamiento del día primero de noviembre, y con las demandas medias.

En el caso del Distrito de Riego 011, por las restricciones que impone el Convenio en la asignación del agua, los usuarios de los módulos se ven afectados por la reducción de los volúmenes que se les asigna en cada ciclo agrícola. Por lo tanto, la superficie que se riega por gravedad, está en función de la disponibilidad de agua que exista en las presas; la variación de la superficie regada de los cultivos que se producen en la zona es una variable dependiente de la cantidad de agua que se les asigne cada año agrícola a los módulos de riego (D.O.F., 2003).

Los módulos del Distrito de Riego 011, cuentan con títulos de concesión de aguas superficiales que amparan un volumen anual de 821.47 millones de metros cúbicos, mientras que, para aguas subterráneas se tiene concesionado un total de 76.8 millones de metros cúbicos en pozos oficiales (D.O.F., 2003).

El análisis de la demanda de agua para uso agrícola exige que se estimen primero las funciones de producción de los cultivos de la zona de estudio considerando por separado las tecnologías de riego: por gravedad (agua superficial) y por bombeo (agua subterránea). Se utilizaron para ello, las

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

estadísticas de producción y volúmenes de riego correspondientes a los ciclos agrícolas 2001-2014 (CONAGUA, 2015).

Para realizar las estimaciones de las funciones de producción se escogió una forma funcional correspondiente a la tecnología Cobb-Douglas de corto plazo, en la cual se supone que el capital y el trabajo se mantienen constantes mientras que el insumo agua es el único factor de la producción variable:

$$1) Y = \alpha A^\beta \varepsilon$$

Donde Y es el producto agrícola en unidades físicas; α es el coeficiente que representa la eficiencia tecnológica y se considera un parámetro; A es el volumen de agua; β es el coeficiente que representa los rendimientos del insumo agua; ε representa el término del error o perturbación aleatoria.

La estimación se hizo de dos formas: tomando directamente la función y realizando una regresión no lineal y por medio de logaritmos, es decir estimando la función:

$$2) \ln Y = \ln \alpha + \beta \ln A + \ln \varepsilon$$

Se corrió la regresión en forma de *pool* con los datos totales por cultivo, para todos los módulos de producción que integran la zona de estudio, utilizando el método de mínimos cuadrados ordinarios. En la tabla siguiente se presentan las funciones de producción estimadas a partir del análisis econométrico. De acuerdo con los supuestos del modelo de regresión lineal clásico, los resultados reportados en esta tabla cumplen con las pruebas de significancia, lo mismo con la bondad de ajuste, así como la homoscedasticidad de la varianza. Además, los parámetros estimados tienen el signo esperado. Con lo cual se confirma que la función de demanda derivada está correctamente especificada (Véase IMTA (2016)).

Tabla 1. Funciones de producción estimadas por cultivo y tipo de riego.

| Cultivo | Tipo de riego | Función de producción estimada (Y) |
|--------------------|---------------|------------------------------------|
| 1. Sorgo | Gravedad | $Y = 4.7559A^{0.9536}$ |
| | Bombeo | $Y = 3.8747A^{0.9599}$ |
| 2. Cebada | Gravedad | $Y = 1.5036A^{0.9440}$ |
| | Bombeo | $Y = 1.0851A^{0.9855}$ |
| 3. Maiz | Gravedad | $Y = 4.9845A^{0.9371}$ |
| | Bombeo | $Y = 9.8616A^{0.8550}$ |
| 4. Trigo | Gravedad | $Y = 1.1787A^{0.9662}$ |
| | Bombeo | $Y = 1.4679A^{0.9384}$ |
| 5. Alfalfa | Gravedad | $Y = 27.8276A^{0.7008}$ |
| | Bombeo | $Y = 6.03867A^{0.8779}$ |
| 6. Brócoli | Gravedad | $Y = 7.3147A^{0.7638}$ |
| | Bombeo | $Y = 9.5561A^{0.7941}$ |
| 7. Espárrago | Gravedad | $Y = 2.6616A^{0.8924}$ |
| | Bombeo | $Y = 4.0944A^{0.7762}$ |
| 8. Frijol Asociado | Gravedad | $Y = 1.6432A^{0.7940}$ |
| | Bombeo | $Y = 1.7102A^{0.7824}$ |
| 9. Tomate | Gravedad | $Y = 4.8381A^{0.8629}$ |
| | Bombeo | $Y = 7.0029A^{0.8272}$ |
| 10. Cebolla | Gravedad | $Y = 11.7133A^{0.8411}$ |
| | Bombeo | $Y = 6.9648A^{0.9107}$ |
| 11. Fresa | Gravedad | $Y = 18.9931A^{0.6992}$ |
| | Bombeo | $Y = 13.1806A^{0.7147}$ |
| 12. Zanahoria | Gravedad | $Y = 25.0640A^{0.7102}$ |
| | Bombeo | $Y = 7.1068A^{0.9331}$ |
| 13. Cacahuete | Gravedad | $Y = 2.2205A^{0.9250}$ |
| | Bombeo | $Y = 2.0311A^{0.8752}$ |
| 14. Avena | Gravedad | $Y = 1.7903A^{0.9584}$ |
| | Bombeo | $Y = 5.3539A^{0.7952}$ |
| 15. Camote | Gravedad | $Y = 27.7468A^{0.7363}$ |
| | Bombeo | $Y = 8.1579A^{0.9509}$ |
| 16. Chile | Gravedad | $Y = 7.4094A^{0.7029}$ |
| | Bombeo | $Y = 23.2989A^{0.4272}$ |
| 17. Calabacita | Gravedad | $Y = 9.0528A^{0.7151}$ |
| | Bombeo | $Y = 4.5552A^{0.8899}$ |

Fuente: elaboración propia con base en CONAGUA, 2015.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

En el caso del riego por bombeo, sobresalen también los cultivos de ajo y brócoli. Por otra parte, dentro de los perennes, sobresalen, la alfalfa, el espárrago y la fresa. Sin embargo, por falta de información sólo fue posible realizar las estimaciones de las funciones de producción y de demanda de agua, para el brócoli, el espárrago y la alfalfa.

Existen algunos cultivos que además de utilizar la gravedad, en algún ciclo, son regados con aguas subterráneas para segundos cultivos, por ejemplo, el maíz, el sorgo y la alfalfa.

Para obtener la función de demanda derivada del agua, debe calcularse primero la Productividad Marginal del Agua (PMA), es decir el aumento en la producción ante un incremento del insumo agua (dY/dA) y posteriormente el Valor de la Productividad Marginal del Agua (VPMA), es decir, la productividad marginal del agua multiplicada por el precio del producto (P), en este caso se utilizó el Precio Medio Rural (pesos por tonelada) para cada cultivo, los resultados se muestran en la Tabla 2 (Para mayor detalle de los cálculos véase IMTA, 2016).

Tabla 2. La Productividad Marginal del Agua (PMA) y el Valor de la

| Cultivo | Tipo de riego | PMA = dY/dA | VPMA = P*PMA |
|--------------------|---------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1. Sorgo | Gravedad | 4.5352A ^{-0.0464} | 2,871.0*4.5352A ^{-0.0464} |
| | Bombeo | 3.7194A ^{-0.0401} | 2,930.7*3.7194A ^{-0.0401} |
| 2. Cebada | Gravedad | 1.4194A ^{-0.0559} | 3,580.2*1.4194A ^{-0.0559} |
| | Bombeo | 1.0694A ^{-0.0145} | 3,636.4*1.0694A ^{-0.0145} |
| 3. Maíz | Gravedad | 4.6709A ^{-0.0629} | 3,291.8*4.6709A ^{-0.0629} |
| | Bombeo | 8.4316A ^{-0.1450} | 3,238.9*8.4316A ^{-0.1450} |
| 4. Trigo | Gravedad | 1.1389A ^{-0.0338} | 3,275.0*1.1389A ^{-0.0338} |
| | Bombeo | 1.3774A ^{-0.0616} | 3,336.7*1.3774A ^{-0.0616} |
| 5. Alfalfa | Gravedad | 19.5022A ^{-0.2992} | 2,529.7*19.5022A ^{-0.2992} |
| | Bombeo | 5.3019A ^{-0.1220} | 2,410.7*5.3019A ^{-0.1220} |
| 6. Brócoli | Gravedad | 5.5871A ^{-0.2362} | 4,465.0*5.5871A ^{-0.2362} |
| | Bombeo | 7.5882A ^{-0.2059} | 4,539.2*7.5882A ^{-0.2059} |
| 7. Espárrago | Gravedad | 2.3752A ^{-0.1076} | 24,233.5*2.3752A ^{-0.1076} |
| | Bombeo | 3.1780A ^{-0.2238} | 28,049.4*3.1780A ^{-0.2238} |
| 8. Frijol Asociado | Gravedad | 1.3048A ^{-0.2059} | 10,030.3*1.3048A ^{-0.2059} |
| | Bombeo | 1.3379A ^{-0.2176} | 11,945.7*1.3379A ^{-0.2176} |
| 9. Tomate | Gravedad | 4.1748A ^{-0.1371} | 2,966.0*4.1748A ^{-0.1371} |
| | Bombeo | 5.7931A ^{-0.1728} | 2,987.9*5.7931A ^{-0.1728} |
| 10. Cebolla | Gravedad | 9.8515A ^{-0.1589} | 3,378.3*9.8515A ^{-0.1589} |
| | Bombeo | 6.3429A ^{-0.0893} | 4,267.7*6.3429A ^{-0.0893} |
| 11. Fresa | Gravedad | 13.2817A ^{-0.3007} | 6,500.0*13.2817A ^{-0.3007} |
| | Bombeo | 9.4574A ^{-0.2806} | 8,120.0*9.4574A ^{-0.2806} |
| 12. Zanahoria | Gravedad | 17.8015A ^{-0.2898} | 1,855.6*17.8015A ^{-0.2898} |
| | Bombeo | 6.6314A ^{-0.0669} | 1,976.4*6.6314A ^{-0.0669} |
| 13. Cacahuete | Gravedad | 2.0539A ^{-0.0750} | 10,536.7*2.0539A ^{-0.0750} |
| | Bombeo | 1.7777A ^{-0.1248} | 10,337.5*1.7777A ^{-0.1248} |
| 14. Avena | Gravedad | 1.71583A ^{-0.0416} | 2,602.0*1.71583A ^{-0.0416} |
| | Bombeo | 4.2573A ^{-0.2048} | 2,222.3*4.2573A ^{-0.2048} |
| 15. Camote | Gravedad | 20.4300A ^{-0.2637} | 2,325.8*20.4300A ^{-0.2637} |
| | Bombeo | 7.7572A ^{-0.0491} | 3,260.1*7.7572A ^{-0.0491} |
| 16 Chile | Gravedad | 5.2082A ^{-0.2971} | 5,449.6*5.2082A ^{-0.2971} |
| | Bombeo | 9.9530A ^{-0.5728} | 5,238.8*9.9530A ^{-0.5728} |
| 17. Calabacita | Gravedad | 6.4739A ^{-0.2849} | 3,057.1*6.4739A ^{-0.2849} |
| | Bombeo | 4.0539A ^{-0.1101} | 2,851.0*4.0539A ^{-0.1101} |

Productividad Marginal del Agua (VPMA).

Fuente: elaboración propia con base en CONAGUA, 2015.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

En la Tabla 3 se muestran las formas y los coeficientes estimados de las funciones de demanda derivada de agua por cultivo y por tipo de riego para un agente representativo, es decir la producción promedio de todos los módulos, representado por los agricultores que producen un cultivo determinado utilizando un tipo de riego (gravedad o bombeo) sin importar a cuál módulo de producción agrícola pertenece.

Para realizar dicha estimación se realizó una prueba de datos de panel, en la cual se muestra que los agricultores que producen un mismo cultivo, por tipo de riego, se comportan de manera homogénea, lo cual permite suponer que reaccionan de manera similar ante los cambios exógenos en los precios relativos, en particular ante el precio del agua (P_A). (Véase IMTA, 2016).

Tabla 3. Las funciones de demanda derivada de agua.

| Cultivo | Tipo de riego | Demanda de agua módulo representativo |
|--------------------|---------------|---------------------------------------|
| 1. Sorgo | Gravedad | $(13,020.5592/P_A)^{21.54142}$ |
| | Bombeo | $(10,900.446/P_A)^{24.9479}$ |
| 2. Cebada | Gravedad | $(5,081.736/P_A)^{17.8587}$ |
| | Bombeo | $(3,888.766/P_A)^{68.8743}$ |
| 3. Maíz | Gravedad | $(15,375.669/P_A)^{15.8958}$ |
| | Bombeo | $(27,309.109/P_A)^{6.8961}$ |
| 4. Trigo | Gravedad | $(3,729.8975/P_A)^{29.5630}$ |
| | Bombeo | $(4,595.971/P_A)^{16.2254}$ |
| 5. Alfalfa | Gravedad | $(49,334.715/P_A)^{3.3425}$ |
| | Bombeo | $(12,781.290/P_A)^{8.1964}$ |
| 6. Brócoli | Gravedad | $(24,946.402/P_A)^{4.2340}$ |
| | Bombeo | $(34,444.357/P_A)^{4.8558}$ |
| 7. Espárrago | Gravedad | $(57,559.409/P_A)^{9.2954}$ |
| | Bombeo | $(89,140.993/P_A)^{4.4681}$ |
| 8. Frijol Asociado | Gravedad | $(13,087.535/P_A)^{4.8547}$ |
| | Bombeo | $(15,982.152/P_A)^{4.5947}$ |
| 9. Tomate | Gravedad | $(12,382.457/P_A)^{7.2934}$ |
| | Bombeo | $(17,309.203/P_A)^{5.7884}$ |
| 10. Cebolla | Gravedad | $(33,281.322/P_A)^{6.2915}$ |
| | Bombeo | $(27,069.594/P_A)^{11.1992}$ |
| 11. Fresa | Gravedad | $(86,331.05/P_A)^{3.3255}$ |
| | Bombeo | $(76,794.088/P_A)^{3.5636}$ |
| 12. Zanahoria | Gravedad | $(33,032.463/P_A)^{3.4512}$ |
| | Bombeo | $(13,106.299/P_A)^{14.9462}$ |
| 13. Cacahuete | Gravedad | $(21,641.328/P_A)^{13.3327}$ |
| | Bombeo | $(18,376.974/P_A)^{8.0137}$ |
| 14. Avena | Gravedad | $(4,464.589/P_A)^{24.0331}$ |
| | Bombeo | $(9,460.998/P_A)^{4.8822}$ |
| 15. Camote | Gravedad | $(47,516.094/P_A)^{3.7922}$ |
| | Bombeo | $(25,289.248/P_A)^{20.3616}$ |
| 16. Chile | Gravedad | $(28,382.607/P_A)^{3.3662}$ |
| | Bombeo | $(52,141.776/P_A)^{1.7458}$ |
| 17. Calabacita | Gravedad | $(19,791.359/P_A)^{3.5103}$ |
| | Bombeo | $(11,557.669/P_A)^{9.0864}$ |

Fuente: elaboración propia con base en CONAGUA, 2015.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

III. Análisis de resultados y propuesta de regulación.

Los títulos de concesión por el uso o aprovechamiento de aguas nacionales no se otorgan al agricultor individual, ni se distingue por tipo de cultivo, se otorgan al módulo de riego como asociación civil, por lo tanto pueden utilizarse las funciones de demanda derivadas de agua ya obtenidas, para calcular los volúmenes demandados por cada Módulo a precios predeterminados en distintos escenarios y así, poder compararlos con los volúmenes asignados, para verificar si existe o no, exceso de demanda de agua en cada uno de los módulos de producción.

El primer escenario que podría considerarse, para realizar las simulaciones y comprobar la asignación eficiente del recurso, es aquel en el que el precio del agua sea la cuota de riego para los cultivos regados con agua superficial y la cuota de bombeo para los cultivos regados con aguas subterráneas.

Sin embargo, en las funciones de demanda derivada de agua que aparecen en la Tabla 3, se observa que dicha cuota de riego sería tan considerablemente baja -tendría un rango, de acuerdo al tipo de cultivo, que se ubicaría en general, entre 1 centavo y 20 centavos por m³, (Conagua, 2010)-, que la cantidad demandada por los agricultores, para los cultivos regados con agua superficial y por lo tanto por los módulos, sería inconmensurable respecto a los volúmenes concesionados a cada Módulo. Y aunque son más elevadas las cuotas de bombeo, resultaría por la misma razón, infructuosa su utilización, como un precio para estimar las demandas de agua, de los cultivos regados con agua subterránea.

La conclusión resulta evidente: en todos los casos, el Valor del Producto Marginal del Agua (VPMA) resultaría mayor al precio del agua (P_A), por lo cual ninguno de estos usuarios agrícolas estaría en equilibrio, ni se utilizaría de manera eficiente el volumen de agua asignado por la CONAGUA a cada Módulo del Distrito de Riego. En dicha situación, si existiera un mercado y estos fueran los precios, el agua no sería empleada en el mejor uso alternativo ni su asignación sería óptima, esto sería una señal para que se reasignara el recurso, ya sea al interior de cada módulo entre los diferentes cultivos o incluso entre los diferentes módulos, de acuerdo al VPMA, a través de los mecanismos de mercado.

Sin embargo, este precio no es de mercado, se trata de una cuota establecida institucionalmente por las autoridades del Distrito de Riego y puede considerarse entonces como una tarifa que cubre total o parcialmente los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura agrícola pero que no cumple con la función de un precio de mercado de reflejar la escasez del recurso, es decir, si esta tarifa se tratara como precio, únicamente distorsionaría las señales de uso óptimo de los recursos y propiciaría la no asignación eficiente del agua.

La siguiente posibilidad para realizar el ejercicio propuesto en este trabajo podría ser la estimación de las cantidades demandadas, a un precio de reventa de agua al interior del Distrito, ya sea entre los mismos usuarios agrícolas o bien entre diferentes usos, por ejemplo, entre el uso público urbano y los agricultores de la zona, el cual quizá permita capturar las condiciones de escasez del recurso.

En Cota (2013) se aborda la existencia de mercados de agua no regulados para uso agropecuario en el noroeste de México, además resumen los

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

hallazgos de diversos estudios con resultados similares, a saber: a) la existencia en la práctica, de mercados de agua agrícolas no regulados; b) 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; c) en las transacciones entre usuarios se establecen los precios libremente entre el oferente y el demandante; d) estos mercados tienen fallas que se manifiestan por la falta de competitividad.

Lo más importante es que en todos los casos las funciones de demanda presentan una relación inversa entre las cantidades demandadas de agua y su precio. En ausencia de precios de negociación o intercambio, se realizan las simulaciones buscando precios del agua que permitan estimar las cantidades demandadas de agua por cada Módulo, agregando sus cantidades demandadas de acuerdo a sus cultivos y así inferir si se está utilizando eficientemente el recurso.

Con la única finalidad de ilustrar la metodología propuesta en este trabajo y verificar si existe o no, exceso de demanda de agua, se presenta a continuación un escenario con precios hipotéticos, el cual permite calcular las cantidades demandadas de agua y hacerlas magnitudes comparables con los volúmenes concesionados.

Para lograr lo anterior se postulan los siguientes precios por metro cúbico, para los principales cultivos consumidores de agua, regados por gravedad: \$8.00 para el maíz, \$8.00 para el sorgo, \$3.20 para la cebada, \$2.70 para el trigo y \$3.50 para la alfalfa verde. Mientras que para los cultivos regados por bombeo se proponen los siguientes precios: \$5.00 para el brócoli, \$12.50 para el espárrago, \$3.50 para la cebada, \$2.70 para el trigo, \$7.50 para el maíz, \$7.25 para el sorgo y \$4.00 para la alfalfa verde. Con

estos precios se calcularon, en un escenario alternativo, a partir de las funciones de demanda derivadas de agua que aparecen en la Tabla 3, los volúmenes demandados por tipo de cultivo y se agruparon por Módulo.

En la siguiente tabla se realiza el comparativo, con base en la información de las demandas totales por Módulo, con la oferta de agua, es decir los volúmenes concesionados por módulo de riego, de acuerdo con la información contenida en el Acuerdo de Cooperación de Aguas Superficiales (D.O.F., 2003).

| Módulo | Volumen demandado de agua superficial (Miles m3) | Volumen concesionado de agua superficial (Miles m3) | Volumen demandado de agua subterránea (Miles m3) | Volumen concesionado de agua subterránea (Miles m3) | Volumen demandado de agua total (Miles m3) | Volumen concesionado de agua total (Miles m3) | Exceso de demanda de agua (Miles m3) |
|-------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------|
| Acámbaro | 75,215 | 75,950 | 59,040 | 3,300 | 134,255 | 79,250 | 55,005 |
| Salvatierra | 75,215 | 130,470 | 59,040 | 8,700 | 134,255 | 139,170 | -4,915 |
| Jaral | 75,215 | 48,880 | 59,040 | 5,600 | 134,255 | 54,480 | 79,775 |
| Valle de Santiago | 75,215 | 100,320 | 65,527 | 8,300 | 140,742 | 108,620 | 32,122 |
| Cortazar | 75,215 | 137,270 | 65,527 | 15,900 | 140,742 | 153,170 | -12,428 |
| Salamanca | 75,215 | 111,050 | 65,527 | 8,100 | 140,742 | 119,150 | 21,592 |
| Irapuato | 75,215 | 46,450 | 65,527 | 6,800 | 140,742 | 53,250 | 87,492 |
| Abasolo | 75,215 | 109,050 | 65,527 | 11,000 | 140,742 | 120,050 | 20,692 |
| Huanímaro | 93,132 | 29,340 | 54,243 | 5,200 | 147,375 | 34,540 | 112,835 |
| Corralejo | 86,201 | 7,490 | 54,243 | 3,900 | 140,444 | 11,390 | 129,054 |
| La Purísima | 120,878 | 25,200 | 60,730 | 0 | 181,608 | 25,200 | 156,408 |

Tabla 4. Exceso de demanda de agua por módulo de producción.

Fuente: elaboración propia con base en CONAGUA, 2015 y D.O.F., 2003.

De acuerdo al ejercicio propuesto, puede observarse en la tabla anterior, que existe un exceso de demanda positivo (demanda mayor que la oferta) para la mayoría de los Módulos: Acámbaro, Jaral, Valle de Santiago, Salamanca, Irapuato, Abasolo, Huanímaro, Corralejo y La Purísima, mientras que existe un exceso de demanda negativo (demanda menor que la oferta) para los Módulos de Salvatierra y Cortazar.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

En la Tabla 4, se nota que el total de la demanda excedente en el Distrito de Riego 011 es de 677.63 Mm³, por lo que, aún con precios positivos y elevados para el agua, como los que se consideraron en este ejercicio, el problema de escasez prevalece. Ante esta situación, la CONAGUA podría reasignar el recurso, es decir, disminuir los volúmenes asignados para los Módulos con exceso de demanda negativo e incrementar los volúmenes asignados para los Módulos con exceso de demanda positivo y/o diseñar una estrategia de cooperación con las autoridades de los módulos para que, de manera conjunta se refuercen las políticas de uso eficiente del agua al interior del Distrito de Riego y al interior de los Módulos. Si a pesar de estas medidas, la escasez prevalece, entonces quizás sea tiempo de reconsiderar el diseñar de una estructura de derechos de agua con un precio positivo, lo que se apegaría más al valor relativo que le otorgan los usuarios agrícolas al recurso agua.

Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se muestra la importancia de incorporar criterios económicos a las políticas de asignación eficiente, dado que, aun cuando el marco institucional (Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento) los promueve de manera oficial, en la praxis no se ha subrayado su importancia para la gestión del agua.

La metodología propuesta aquí, muestra la manera en que el uso de la demanda derivada de agua podría ayudar en la toma de decisiones respecto a la política de asignación de volúmenes de agua, cuando ésta se usa como insumo en la producción agrícola. Las autoridades que manejan las políticas hídricas podrían beneficiarse de un criterio auxiliar a los que tradicionalmente se han considerado, al momento de asignar un título de

concesión, a los usuarios que se autoabastecen de agua, no sólo la agricultura, y la utilizan como insumo en sus procesos productivos.

Por lo tanto, las autoridades pueden reasignar los volúmenes (política de cantidades) de acuerdo a los criterios económicos de escasez (exceso de demanda) y abundancia (exceso de oferta) para lograr el equilibrio económico (exceso de demanda cero) y el uso socialmente eficiente. Por supuesto sin abandonar las políticas de uso eficiente desde el punto de vista de la ingeniería hidráulica y agronómica. Y en las cuencas donde existe un problema severo de escasez o exceso de demanda del recurso, las autoridades incluso podrían comenzar a plantearse la necesidad de modificar su política de precios.

La problemática misma del estudio, respecto a la información, es decir, la falta de datos suficientes y de calidad para realizar las estimaciones estadísticas hace ver que cualesquiera que sean los resultados obtenidos, deben tomarse con cuidado. Sin embargo, ha quedado claro que una vez que se cuente con información y este trabajo sugiere la necesidad de ello, las estimaciones serán precisas y si se cuenta con una buena base de datos se podría desagregar el análisis hasta niveles microeconómicos del productor agrícola individual.

Queda por investigar en un futuro trabajo, la estimación de las cantidades demandadas, a diferentes precios de negociación al interior del Distrito -ya sea entre los mismos agricultores o entre diferentes usos, por ejemplo, el uso agrícola y el uso público urbano- correspondientes al mercado del agua, que capturen el problema de escasez y permitan diseñar escenarios alternativos.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

Se propone investigar el funcionamiento de estos mercados para regularlos y evitar las transferencias de rentas públicas al sector privado, sobre todo si se tiene en cuenta la heterogeneidad de los productores agrícolas, es decir, eventualmente podría diseñarse un esquema de derechos de agua que presente subsidios cruzados con el objetivo de maximizar el bienestar social, asegurando siempre la sustentabilidad del agua. O incluso, una alternativa radicalmente diferente sería comenzar a considerar las posibilidades de la acción cooperativa de la comunidad del sistema de irrigación como un mecanismo social de autogestión del recurso (Reyes, 2017).

Se sugiere que se comparen los resultados obtenidos con otras metodologías; que se abunde en la investigación y se planteen nuevas preguntas que apunten al uso eficiente del agua que evite la extracción innecesaria y la explotación de los cuerpos de agua superficial y los acuíferos a favor, no sólo de las generaciones actuales si no de las futuras, que no tienen por qué sufragar el costo social de las ineficiencias y las decisiones equivocadas en el pasado y en el presente.

BIBLIOGRAFIA

- Baldovín, M. y Berbel, J. (2002), Una revisión de metodologías de estimación de la demanda del agua de riego, Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación de Aguas, *La directiva marco del agua, realidades y futuros: (comunicaciones)*, Sevilla, España, pp. 267-273.
- Bauer, C.J., (1993), Régimen Jurídico del Agua. La Experiencia de Estados Unidos, *Revista de la Cepal*, Chile.
- Bontemps, C. y Couture, S. (2002), Irrigation water demand for the decision maker, *Environment and Development Economics*, Cambridge University Press, pp. 643-657.
- Burman, R. D., et al., 1981, Water requirements, *Design and Operation Farm Irrigation Systems*, Editor M.E. Jensen ASAE. St. Joseph, Michigan, 1981.
- CONAGUA (2010), *Actualización del Plan Director para la Modernización Integral del Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato, Subgerencia de Conservación, Gobierno del Estado de Guanajuato, México*, septiembre.
- CONAGUA (2015), *Resultados del plan de riegos de los módulos que integran el Distrito de Riego 011*, Comisión Nacional del Agua, Dirección Local de Guanajuato, Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato, Sociedad de Responsabilidad Limitada, Celaya, Guanajuato, México.
- CONAGUA (2016), *Estadísticas del Agua en México*, Comisión Nacional del Agua, México.
- Cota, L.F., et al, (2013), Mercado de derechos de agua para uso agrícola en el noroeste de México, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol.4, Núm.1, enero-febrero, pp. 63-75.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

- Colby, B. G., 1991, Recent trends in Southwestern water values, *Appraisal Journal*, Vol. 59, Núm. 4, p. 488.
- Crouter, J.P., (1985), *An Examination of An Implicit Water Rights Market Using Hedonic Estimation (Colorado)*, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- C.P.N.H. (1985), *Plan Nacional Hidráulico*, Comisión del Plan Nacional Hidráulico, México.
- Chamber, R., (1988), *Applied production analysis*, Cambridge University Press, Cambridge, Inglaterra.
- D.O.F. (2004), *Convenio de Coordinación y Concertación que celebran el Ejecutivo Federal y los Ejecutivos de los Estados de Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán y Querétaro, y los representantes de los usuarios de los Servicios Público Urbano, Pecuario, Agrícola Industrial, Acuícola y Servicios para llevar a cabo el Programa sobre la Disponibilidad, Distribución y Usos de las Aguas Superficiales de propiedad nacional del Área Geográfica Lerma-Chapala*, Diario Oficial de la Federación, Secretaría de Gobernación, México.
- D.O.F. (2003), *Acuerdo por el que se dan a conocer las denominaciones y la ubicación geográfica de las diecinueve cuencas localizadas en la zona hidrológica denominada Río Lerma Chapala, así como la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas que comprende dicha zona hidrológica*, Diario Oficial de la Federación, Secretaría de Gobernación, México, octubre.
- Guzmán E., et al, (2010), Análisis econométrico sobre el consumo de agua subterránea por el sector agropecuario en Guanajuato, México, *Ciencia ergo-sum*, Vol. 17-2, UAEM, Toluca, México, pp. 159–164.

Guzmán E., et al, (2006), *La demanda de agua en la Comarca Lagunera, México, Agrociencia*, Vol. 40, Núm. 6, pp.793-804.

Howe, C., (1985), Economic, Legal, and Hydrologic Dimensions of Potential Interstate Water Markets, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 67(5), pp. 1226-1230.

IMTA (2016), *Instrumentos económicos para el manejo eficiente del agua en la región Lerma-Chapala, en dos subcuencas con alta industrialización, Informe final, Proyecto DP-1617.1, México.*

INEGI (2007), *VII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

LeBaron, A. y Keller, J. (1987), Effect of water charges on economic and technical efficiency of irrigation systems operation and crop production, *Expert Consultation on Irrigation Water Charges, Rome (Italy)*, Sep. 22-26.

Kelso, M., (1971), Reviewed Work: *Water Transfers: Economic Efficiency and Alternative Institutions* by L. M. Hartman, Don Seastone, *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 53, Núm. 2, pp. 372–374.

Moore, M., et al, (1994), Multicrop Production Decisions in Western Irrigated Agriculture: The Role of Water Price”, *American Journal of Agricultural Economics*, 76 (4), pp. 859-874.

Palacios, V. E., (1971), *Técnicas para la Evaluación y mejoramiento de la operación de los distritos de riego*, Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Randall, A. (1988), Market Failure and the Efficiency of Irrigated Agriculture, *Efficiency in Irrigation. The Conjunctive Use of Surface and*

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

Groundwater Resources, Ed. Gerald T. O' Mara, The World Bank. Washington, D.C.

Reyes, A., (2017), *Manejo institucional de los distritos de riego en México y sus implicaciones en la conservación de las obras que se emplean para el riego con agua superficial. Estudio de caso: módulos de riego Valle de Santiago y Cortázar, Distrito de Riego 011, Alto Río Lerma, Guanajuato*, Tesis Doctoral, Facultad de Economía, U.N.A.M.

Rhodes, G. F., & Sampath, R. K. (1988), Efficiency, equity and cost recovery implications of water pricing and allocation schemes in developing countries, *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, Vol. 36(1), pp. 103-117.

Schoengold, K., et al, (2004), Panel Estimation of Agricultural Water Demand Based on an Episode of Rate Reform, *Selected Paper prepared for presentation at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting*, Denver, Colorado, August 1-4.

Young, R. A. (1986), Why are there so few transactions among water users? *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 68, Núm. 5, pp. 1143-1151.

Economía coyuntural, Revista de temas de coyuntura y perspectivas, vol.2, núm. 2., pp. 145- 180.