



El Colegio de la Frontera Sur

Valoración Económica del Agua de Riego en Regiones Tropicales. Caso del Estado de Tabasco (México)

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

Homero Yedra Hernández

2015



El Colegio de la Frontera Sur

Villahermosa, Tabasco, 25 de mayo de 2015.

Las personas abajo firmantes, integrantes del jurado examinador de:

Homero Yedra Hernández

hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada:

“Valoración Económica del Agua de Riego en Regiones Tropicales. Caso del Estado de Tabasco (México)”

para obtener el grado de **Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**.

	Nombre	Firma
Directora:	Dra. María Azahara Mesa Jurado	_____
Asesora:	Dra. María Mercedes Castillo Uzcanga	_____
Asesor:	Dr. Carlos Andrés López Morales	_____
Sinodal adicional:	Dr. Alejandro Ortega Argueta	_____
Sinodal adicional:	Dr. Rutilo López López	_____
Sinodal suplente:	Dr. José Hipólito Rodolfo Mendoza Hernández	_____

Agradecimientos

Primero que nada doy gracias a Dios por la gran oportunidad de vida que representa poder estudiar un posgrado. Gracias a mis padres por el apoyo incondicional, la formación moral y educativa que con mucho esfuerzo y dedicación me han otorgado. Gracias a mi esposa Wendy por apoyarme y animarme a realizar la maestría. Agradezco a mis abuelos que con amor y ejemplo de vida han sido mi guía en mis 26 años. Gracias al proyecto “El valor económico del agua para uso agrícola en el Estado de Tabasco” TAB-2011-C24-167954 financiado por Fondo Mixto CONACYT-Tabasco ya que de este se deriva la investigación que hemos realizado, también agradezco a CONACYT que me otorgó la beca sin la cual me hubiese sido difícil sustentar la maestría. En especial agradezco mucho a la Dra. Azahara por la invitación al posgrado y la confianza para dirigir mi tesis e indudablemente es el instrumento que utilizó Dios para darme esta gran oportunidad. Y por último, agradezco a la Dra. Mercedes y al Dr. Carlos por haber aceptado ser mis asesores, sin duda, sin su apoyo me habría sido más difícil poder presentarles el presente trabajo.

Índice

Agradecimientos.....	2
Capítulo I. Introducción.....	4
Antecedentes	6
Literatura citada	11
Capítulo II. Economic valuation for irrigation water in tropical humid regions: high values even when water is abundant	14
Capítulo III. Estimación del valor económico del agua de riego para el limón persa en Tabasco.....	34
Introducción	34
Datos	35
Resultados y Discusión.....	36
Estratificación de las fincas.....	36
Estimación del uso agrícola del agua.....	39
Conclusiones	43
Notas	44
Literatura citada	44
Capítulo IV. Conclusiones Generales.....	46

Capítulo I. Introducción

El agua es uno de los elementos indispensables para mantener en equilibrio estable productivo los sistemas socioambientales (Speelman y García-Barrios, 2010; Vandermeer, Perfecto y Philpott, 2010). La importancia de su valoración económica, radica en entender la diversidad de roles que adquiere en la sociedad, en particular con las actividades agrícolas e industriales (Pérez, 2002; Godínez-Montoya et al., 2007). Por ejemplo, podemos conocer el papel del agua como bien intermedio y/o como bien de uso final (agua para riego, industria e hidroelectricidad, doméstico), del mismo modo que puede ser considerado un bien privado (consumo urbano, consumo industrial, consumo doméstico) o un bien público (recreación, calidad, hábitat, belleza escénica, entre otros). El agua ha sido tratada históricamente como un recurso natural, ilimitado y renovable, por ello una gestión apropiada de este recurso se hace necesaria para salvaguardar su función dentro de un marco de sustentabilidad (Mesa-Jurado, Berbel y Orgaz, 2010). El reconocimiento del recurso hídrico como bien económico es decir, *“aquella que se encuentra en situación de escasez en relación con las necesidades humanas y que es apropiable”* (Fontela, 1996), se ha venido consolidando en las últimas décadas en el ámbito científico-académico. También ha cobrado importancia en la legislación internacional, como lo ejemplifica la Directiva Marco de Aguas Europea (2000/60/EC). Igualmente, se destaca la necesidad del uso de herramientas e instrumentos económicos como apoyo para el diseño y toma de decisiones tanto en la planeación de políticas hídricas, ambientales, sociales y de desarrollo rural como en el diseño de planes de manejo de los recursos (Hellegers, 2006). En términos generales, reconocer el recurso hídrico como bien económico equivale a la aplicación de un

principio económico básico para obtener el máximo beneficio social de la asignación de un recurso escaso.

El presente trabajo se centró en uno de los usos más importantes del recurso hídrico: el uso agrícola. La agricultura de regadío es el sector a donde más agua se destina, con aproximadamente el 71% de las extracciones de agua dulce a nivel mundial (FAO-AQUASTAT, 2014). En los países en desarrollo la agricultura persiste como un sector económico estratégico, al ser el modo de vida y servir de subsistencia de un sector importante de la población (Hussain et al., 2007). Además, fomenta el desarrollo en zonas rurales, por medio de empresas agroalimentarias y a través del empleo que éstas generan (OECD, 2010). En las regiones áridas, el agua es un recurso que se encuentra en situación de escasez. La competencia entre los diversos sectores (agrícola, doméstico, industrial, comercial y ambiental) que requieren del recurso agua, es cada vez mayor a medida que aumenta la presión sobre los suministros de agua destinados a la agricultura (Molden, Sakthivadivel y Habib, 2001). Esto ocurre aún en regiones con abundancia del recurso, como en el norte de Europa o regiones tropicales húmedas. Aunque los cultivos se desarrollan de forma natural, en temporal; en determinados casos se requiere instalar y aplicar riego como factor auxiliar de la producción en ciertas etapas del desarrollo vegetativo de la planta y del fruto. Esto obliga a garantizar el suministro del agua para cumplir con las demandas de calidad en los productos por parte de los mercados, sobre todo para los de exportación (Medellín-Azuara, Harou y Howitt, 2010). La estrategia fundamental con la que se afrontan los problemas de la escasez del recurso es a través de la eficiencia, procurando mejorar la productividad agrícola mediante el incremento de la producción con la misma cantidad de agua

disponible. A su vez, la gestión racional del agua, el diseño adecuado de las políticas públicas y la evaluación de inversiones tecnológicas requieren de estimaciones fiables sobre el valor económico del agua en aras de alcanzar un uso sustentable del recurso (Hellegers, 2006; Hussain et al., 2007). Esto pone de relevancia la necesidad de estimar el valor económico que proporciona el agua de riego, no sólo en regiones áridas sino también en regiones donde se estima abundancia relativa del recurso. En estas regiones, coexisten condiciones temporales de altas precipitaciones con períodos marcados de estiaje, que conllevan a la necesidad de aplicar riego suplementario. Esta investigación se realizó en una región tropical húmeda que presenta dichas condiciones.

Antecedentes

En la Conferencia Internacional sobre Agua y Medioambiente celebrada en Dublín en 1992, fue cuando por primera vez se hizo una reflexión a nivel mundial sobre la necesidad de lograr una gestión más eficiente del agua. Se reconoció que en el pasado la falta de reconocimiento del valor económico de este recurso indujo al derroche y la utilización del agua de forma ineficiente y con efectos perjudiciales sobre el medio ambiente. En dicha conferencia se formularon cuatro principios rectores, específicamente el cuarto principio establece que: *“El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y deberá reconocérsele como un bien económico”* (ICWE, 1992). En ese sentido, se llega al consenso de que considerar al agua como bien económico en su gestión, es un medio importante para conseguir un aprovechamiento eficaz, equitativo y favorecedor de la conservación de los recursos hídricos. De igual manera, en el Segundo Foro Mundial sobre el Agua

(celebrado en La Haya en el año 2000) se hizo hincapié en que las decisiones con respecto a la asignación de agua entre los distintos usos competitivos requieren un mayor análisis de la valoración de este recurso natural (SWWF, 2000). Así, en la legislación internacional, como es el caso Directiva Marco de Aguas Europea (2000/60/EC), se recomienda el uso de instrumentos económicos que permitan alcanzar los objetivos ecológicos que este marco legal establece para las aguas europeas. Esta legislación supone un hito en las políticas públicas de gestión de aguas.

Para estimar el valor económico del agua se recurre al uso de herramientas de la economía ambiental. Esta disciplina surge como una rama de la economía y es definida como *“el conjunto de métodos y técnicas, que nos permiten medir perspectivas de beneficios y costos provenientes de tres acciones, las cuales son: uso de un activo ambiental, realización de una mejora ambiental y generación de un daño ambiental”* (Romero, 1997). En el más estricto sentido económico en el que se basa la valoración ambiental, el valor de un recurso está dado por la cantidad de dinero que un usuario racional está dispuesto a pagar por él en determinadas circunstancias. En otras palabras, es una estimación de la cantidad máxima en términos monetarios que los usuarios de un bien ambiental o de una mejora ambiental están dispuestos a contribuir por hacer uso de ese bien. Esta cantidad se expresa como la Disposición a Pagar (DAP) y la Disposición a Aceptar (DAA) que refleja la mínima cantidad de dinero que los individuos pueden aceptar por tolerar un daño ambiental o por renunciar a una mejora ambiental (beneficio) (Romero, 1997; Hussain et al., 2007; Martín-Ortega, Gutiérrez Martín y Berbel, 2008; Speelman et al., 2008).

La mejora ambiental, como es el caso del agua suministrada por infraestructura, tiene un valor económico. Tradicionalmente a la hora de valorar los recursos naturales, se tiene en cuenta sólo el valor de uso directo. Este, se refiere al valor para los usuarios de cualquier actividad que utilicen directamente el agua indistintamente si las actividades realizadas consumen o no el recurso. No obstante, los economistas ambientales mencionan que los recursos naturales no se valoran sólo por su uso directo. También, existen otras categorías de valor distintas y complementarias al uso directo (Pearce y Turner, 1990). Se considera de gran importancia incorporar en la valoración ambiental el concepto de Valor Económico Total (VET). El VET contempla dos distinciones entre los valores derivados del uso de los recursos ambientales: los valores de uso y los valores que los individuos derivan de los recursos proporcionados por el ambiente, independientemente de su uso presente o futuro, llamados valores de no uso (Birol, Karousakis y Koundouri, 2006; Birol, Koundouri y Kountouris, 2010; Groot et al., 2010). El VET, a su vez, se compone del valor de uso directo e indirecto (VUD y VUI), valor de opción (VO) y valor intrínseco (VE) (valor de existencia y de legado). El VUD es el valor que se da por utilizar el recurso en un sitio específico. El VUI hace referencia al valor dado por la sociedad cuando el beneficio que se obtiene del recurso se da sin el uso directo del mismo. Ejemplo de ello son las funciones ecosistémicas como el ciclaje de nutrientes y de residuos, la regulación de temperatura y clima, entre otros. El VO es el uso potencial del recurso, es decir la DAP por tener la oportunidad de utilizar el bien o mejora ambiental a futuro. El VE es la asignación de valor al recurso por el hecho de su existencia, aún cuando no se ha utilizado, ni se utilizará a futuro y el valor de legado es el valor dado a un bien ambiental con la finalidad de que este sea preservado como herencia para las generaciones futuras (Birol, Karousakis y Koundouri, 2006; Moran y

Dann, 2008). En esta clasificación, para el agua de riego puede estimarse el VUD, que a su vez puede ser consuntivo o no. El uso consuntivo corresponde a toda actividad que consuma agua. La contabilidad de los usos considera el riego como uso consuntivo; mientras que otro valor que puede tener el agua de riego es el VO. Un ejemplo de este valor son los reservorios o sitios de agua con posibilidad de almacenamiento para fines de riego (Pérez, 2002). Véase la figura 1 para una mejor identificación de los componentes del VET y la ubicación del agua para uso agrícola.

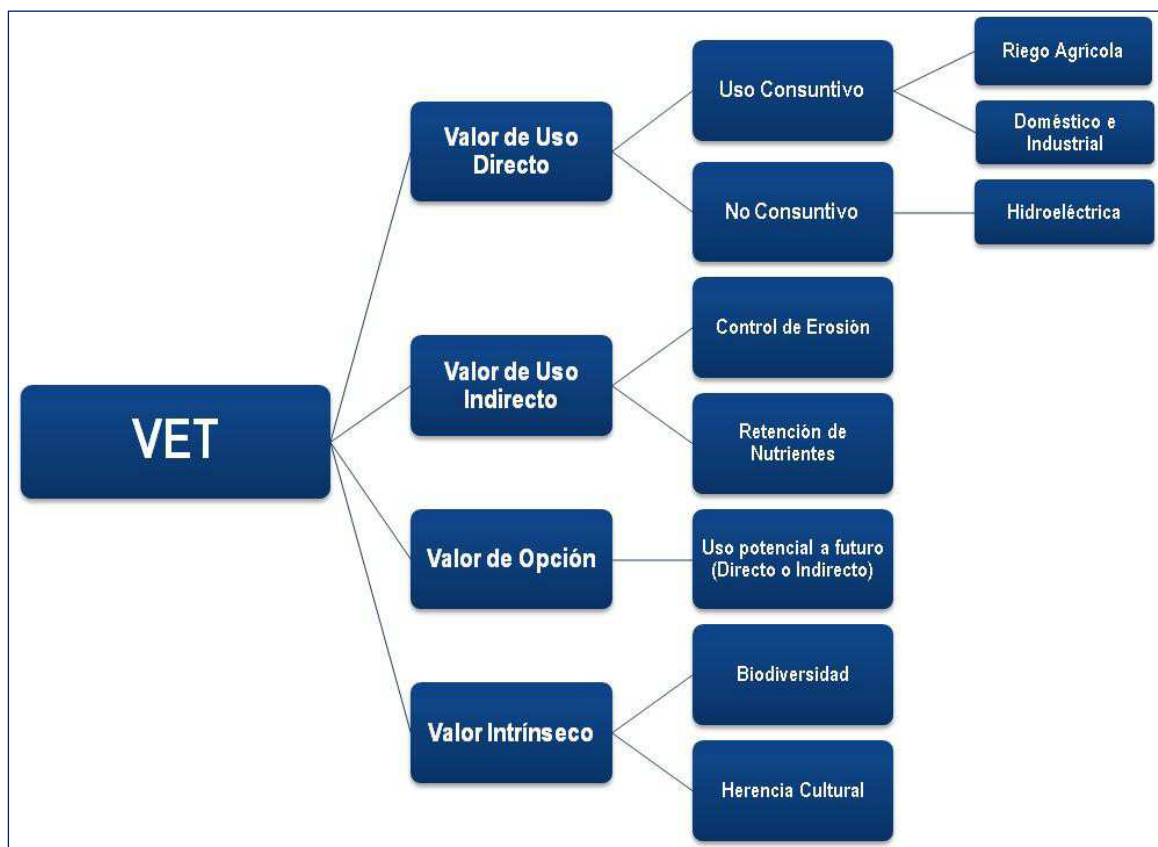


Figura 1. Componentes del VET. Fuente: Elaboración propia, basado en (Birol, Karousakis y Koundouri, 2006; Moran y Dann, 2008).

Existen múltiples métodos económicos para estimar el VET de los recursos ambientales. Entre los principales métodos económicos que pueden ser utilizados para

valorar los recursos hídricos se encuentran los siguientes: a) método de Precios Hedónicos (HPM), b) el método de Costo de Viaje (TCM), c) el método de Costo de Reemplazo, d) el método de la Función de Producción, e) método de Costo de la Enfermedad, f) los Precios de Mercado, g) el método de Valoración Contingente (MVC), h) el método del Valor Residual (MVR), i) el método de Elección de Ensayo (CEM) y j) el método de Cambio en el Ingreso Neto (Change Net Income) (Birol, Karousakis y Koundouri, 2006; Moran y Dann, 2008).

A nivel internacional existe una vasta literatura sobre valoración económica del agua que es utilizada para riego, en la que se emplean métodos de valoración que difieren tanto en la aproximación utilizada como en los resultados obtenidos. Una revisión de estos métodos la encontramos en los trabajos de Agudelo (2001), López-Baldovín y Berbel (2002), Young (2005) y Young y Loomis, (2014), entre otros.

Con base en una revisión bibliográfica, de bases de datos de artículos científicos, sabemos que no se tiene conocimiento de investigaciones que estimen el valor del agua de riego en regiones con abundancia del recurso. La carencia de estudios de valoración económica de los recursos hídricos en zonas de abundante precipitación confirma la poca relevancia que se le ha dado a este tipo de regiones. No obstante, el aumento de la superficie bajo riego en zonas donde el agua no es un bien escaso y en las que se carece de información necesaria para la planificación y el diseño de programas que contribuyan a un uso sustentable del recurso, destacan la necesidad de realizar este tipo de estudios que permitan poner de relevancia el valor del agua como bien económico y la importancia de una gestión adecuada de este recurso.

El objetivo general de este trabajo de tesis es estimar el valor económico del agua para uso agrícola destinado para dos de los cultivos que mayor contribución tienen en el valor de la producción agrícola en el estado de Tabasco, el banano y el limón persa. De esta manera se pretende generar información técnica que pudiera apoyar el diseño de programas de fomento agrícola y contribuir a un uso sustentable del recurso. A su vez, se espera contribuir a atender el vacío de conocimiento técnico existente acerca del valor económico del agua en regiones con abundancia del recurso.

El documento de tesis se estructura en cuatro capítulos: el capítulo primero aborda la introducción acerca de los conceptos y consideraciones sobre el reconocimiento del agua como bien económico y se exponen la justificación y objetivos de la investigación; el capítulo II alberga el manuscrito que se ha enviado a la revista internacional “International Journal of Water Resources Development” que describe la estimación del valor económico del agua de riego para la producción del banano en Tabasco; el capítulo III expone el cálculo del valor económico del agua de riego para la producción del limón persa. Se finaliza con el capítulo IV donde se destacan las conclusiones más importantes del estudio.

Literatura citada

Agudelo, J.I., 2001. *The economic valuation of water: Principles and methods. Value of Water Research Report Series*, Netherlands.

Birol, E., Karousakis, K. and Koundouri, P., 2006. Using economic valuation techniques to inform water resources management: A survey and critical appraisal of available techniques and an application. *Science of the Total Environment*, 365(1-3), pp.105–122.

Birol, E., Koundouri, P. and Kountouris, Y., 2010. Assessing the economic viability of alternative water resources in water-scarce regions: Combining economic

- valuation, cost-benefit analysis and discounting. *Ecological Economics*, 69(4), pp.839–847.
- Comisión Europea, 2000. Directiva 2000/60/EC Directiva Marco de Aguas, Diario Oficial de las Comunidades Europeas, *Official Journal of the European Communities* L327, 22 Diciembre 2000.
- FAO-AQUASTAT, 2014. *Aquastat principal*. Resumen general de América Latina y el Caribe. *Extracción de agua*. [Página Web] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/lac/indexesp4.stm> [Consultado 18 de agosto de 2014].
- Fontela, E., 1996. La ciencia económica ante el problema del agua. *Revista Valenciana d'Estudis Autonòmics*, 33, pp. 13-24.
- Godínez-Montoya, L., García-Salazar, J.A., Fortis-Hernández, M., Mora-Flores, J.S., Martínez-Damián, M.Á., Valdivia-Alcalá, R. y Hernández-Martínez, J., 2007. Valor económico del agua en el sector agrícola de la Comarca Lagunera. *TERRA Latinoamericana*, 25(1), pp.51–59.
- Groot, R.S. de, Alkemade, R., Braat, L., Hein, L. and Willemen, L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning , management and decision making. *Ecological Complexity*, 7(3), pp.260–272.
- Hellegers, P.J.G.J., 2006. The role of economics in irrigation water management. *Irrigation and drainage*, 55, pp.157–163.
- Hussain, I., Turrall, H., Molden, D. and Ahmad, M.U.D., 2007. Measuring and enhancing the value of agricultural water in irrigated river basins. *Irrigation Science*, 25(3), pp.263–282.
- ICWE (International Conference on Water and the Environment), 1992. *The Dublin Statement and Report of the International Conference on Water and the Environment. Development issues for the 21st century*. Dublin: ICWE.
- López-Baldovín, M.J. y Berbel, J., 2002. *Revisión de las metodologías de estimación de la demanda de agua de riego. IV Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua*.
- Martín-Ortega, J., Gutiérrez Martín, C. y Berbel, J., 2008. Caracterización de los usos del agua en la Demarcación del Guadalquivir en aplicación de la Directiva Marco de Aguas. *Revista de Estudios Regionales*, (81), pp.45–76.
- Medellín-Azuara, J., Harou, J.J. and Howitt, R.E., 2010. Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation. *Science of the Total Environment*, 408(23), pp.5639–5648.

- Mesa-Jurado, M., Berbel, J. and Orgaz, F., 2010. Estimating marginal value of water for irrigated olive grove with the production function method. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(S2), pp.197–206.
- Molden, D., Sakthivadivel, R. and Habib, Z., 2001. *Basin-level use and productivity of water: examples from South Asia*. International Water Management Institute (IWMI).
- Moran, D. and Dann, S., 2008. The economic value of water use: Implications for implementing the Water Framework Directive in Scotland. *Journal of Environmental Management*, 87(3), pp.484–496.
- OECD, 2010. *Sustainable Management of Water Resources in Agriculture*. [pdf] Paris: OECD. Available at: <http://www.oecd.org/greengrowth/sustainable-agriculture/49040929.pdf> [Accessed 22 November 2013].
- Pearce, D.W. and Turner K., 1990. *Economics of natural resources and the environment*. Harvester Wheatsheaf, Hertfordshire, U.K
- Pérez Roas, J.A., 2002. *Valoración económica del agua*. Mérida, Venezuela.
- Romero, C., 1997. *Economía de los recursos ambientales y naturales*. Segunda ed. Madrid: Alianza.
- Speelman, E.N. and García-Barrios, L.E., 2010. Agrodiversity v . 2: An educational simulation tool to address some challenges for sustaining functional agrodiversity in agro-ecosystems. *Ecological Modelling*, 221, pp.911–918.
- Speelman, S., Farolfi, S., Perret, S., D'haese, L. and D'haese, M., 2008. Irrigation Water Value at Small-scale Schemes: Evidence from the North West Province, South Africa. *International Journal of Water Resources Development*, 24(4), pp.621–633.
- SWWF (Second World Water Forum), 2000. *Ministerial Declaration of The Hague on Water Security in the 21st Century*. La Haya, Holanda, 17-22 March 2000. La Haya: SWWF.
- Vandermeer, J., Perfecto, I. and Philpott, S., 2010. Ecological Complexity and Pest Control in Organic Coffee Production Uncovering an Autonomous Ecosystem Service. *BioScience*, 60(7), pp.527–537.
- Young, R.A., 2005. *Determining the Economic Value of Water Concepts and Methods*. Washington, DC: Routledge.
- Young, R.A. and Loomis, J.B., 2014. *Determining the Economic Value of Water Concepts and Methods*. Second ed. New York: Resources for the future.

Capítulo II. Economic valuation for irrigation water in tropical humid regions: high values even when water is abundant

Yedra, H.^a, Mesa-Jurado, M.A.^{a*}, López-Morales, C.A.^b, Castillo, M.M.^a

^a El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Villahermosa, Tabasco, México.

^b Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.

Abstract

There is a vast body of literature on the valuation of irrigation water in scarce water regions, yet little attention has been paid to regions with an abundance of this resource. In this study, the economic value of water for use on banana plantations in the state of Tabasco, Mexico, was estimated using the change in Net Income Method. This region has the greatest available water resources in the country. The results indicate that supplemental irrigation applied in the dry season accounts for a 34% to 37% increase in the net profitability of irrigated banana plantations relative to comparable rainfed farms.

Keywords: water value, net income change, tropical crop, water management, irrigation

Introduction

Irrigation can be a vital strategy used by farmers to maintain or increase yields in the face of variable precipitation, even in regions of abundant water availability. Rain-fed agriculture is more vulnerable to climatic variations than is irrigated agriculture (Carr & Lockwood, 2011; Jiang & Grafton, 2012; Magaña, 1999; Medellín-Azuara, Howitt, MacEwan, & Lund, 2011) because it is subject to low precipitation during certain months of the year and to its concentration during a few weeks or days, which leads to a high degree of uncertainty. In addition, the change in annual rainfall and temperature patterns significantly affects the productivity of agricultural production units (APUs) (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2010; Medellín-Azuara et al., 2011; Ojeda-Bustamante, Sifuentes-Ibarra, Íñiguez-Covarrubias, & Montero-Martínez, 2011). Therefore, the FAO and the governments of countries in Africa, Asia, the Americas and particularly Latin America (LA) have implemented programs of agricultural technology intended to mitigate the adverse effects of changes in seasonal rains, which can worsen due to phenomena associated with climate change (CC) (Deschamps, Otero, & Tonni, 2003; Lorente et al., 2004).

Increasing the amount of irrigation infrastructure has been one of the main strategies used in regions that satisfy much of the global demand for food. Production in regions where water is the limiting factor is increased and diversified because irrigation contributes to increasing the quality and land use sustainability, and these positive effects on APUs support food security (Food and Agricultural Organization (FAO), 2000; Silva, Coelho, & Miranda, 2012). In arid areas, developing an irrigation infrastructure is limited by low water availability and a high level of competition between various uses. Even in regions with a predominantly humid climate in Latin America, support programs for the installation of supplemental irrigation have increased considerably since the mid-twentieth century: irrigated land expanded from 8 to 18 million hectares between 1960 and 1997 with a potential for irrigated land estimated at 77.8 million hectares (FAO-AQUASTAT, 2015). These programs have targeted crops of increased demand and commercial value to stabilize production and increase profitability in times of drought. There are several studies presenting estimated water requirements of various crops that are watered mainly with seasonal rains. The goal of such studies were to optimize the production and growth of tropical crops such as pineapple, mango, cacao, banana and papaya (Azevedo, Souza, Silva, &

Silva, 2007; Carr & Lockwood, 2011; Carr, 2009, 2012a, 2012b, 2014). The free trade that prevails in Americas facilitates the export of agricultural products to the countries of Central and South America. One of the reasons for the installation of irrigation in these areas is to sell products in international markets. To do this, farmers who want to export their production must conform to the requirements of these markets, which demand fruit with standardized quality characteristics of size, texture and flavour specified in international standards (FAO-OMS, 2005).

Irrigated agriculture is the economic sector that consumes the most water, i.e., approximately 71% of freshwater use worldwide (FAO-AQUASTAT, 2015). Therefore, it is necessary to estimate the economic value of water intended for irrigation, whatever the local resource conditions (abundance or scarcity), and thus generate information that could eventually improve its efficient use and its allocation between various competing uses. Understanding the value of water is of great importance to the agricultural sector because it offers information that supports decision making in the management and administration of water resources and can contribute to setting fair and reasonable rates that encourage irrigators to use the resource efficiently. Moreover, assigning a value serves as a guide to assess the indirect financial performance of government investment in agricultural technology programs (McCartney, Lankford, & Mahoo, 2007; Pietrantonio, 2010; Söderbaum, 2009; Speelman, Farolfi, Perret, D'haese, & D'haese, 2008).

In this study, the economic value of irrigation water in the tropical region of south-eastern Mexico, characterized by high availability of water resources, was estimated. In particular, the banana-growing zones in the state of Tabasco were used as a case study. The hypothesis guiding this exercise was that irrigation water provides an economic value to agricultural activities in a tropical region characterized by abundant annual rainfall. The value of water was estimated using the profitability differential between irrigated and rain-fed fields. This estimate is intended to contribute to the existing literature regarding economic valuation of water resources, thereby providing evidence from a region with an abundance of this resource. Furthermore, the information obtained is intended to support the design of agricultural development programs based on irrigation technology without affecting the sustainable use of the resource.

The paper is organized as follows: section 2 presents a review of studies of the valuation of irrigation water, and in section 3, the methodology and data are presented along with a

description of the case study. Section 4 presents the results and discussion, followed by section 5, which presents the primary conclusions derived from the findings.

Previous studies

Internationally, there is a vast body of literature regarding the economic valuation of water for agricultural use. Measurement methods differing in their analytical approach have been used, and therefore, the various studies differ in terms of their results. A review of these methods is found in studies by, for example, Agudelo (2001), López-Baldovín and Berbel (2002) and Young and Loomis (2014). Among this body of research, the work by Agudelo and Hoekstra (2001) stands out; these researchers determined the marginal value of water used for irrigation in the Zambezi Basin, southern Africa. Their results indicate variations among the most important crops in that region; for example, these values were 0.3 to 3.2 USD¹/m³ for bananas, 0.5 to 4.8 USD/m³ for citrus and 0.4 to 5.5 USD/m³ for corn.

Kadigi, Kashaigili, and Mdoe (2004) estimated the economic value of water for irrigation of rice fields in the Usangu Basin in Tanzania by calculating the gross margin, which was 0.03 USD/m³. Maestu, Gómez, and Gutiérrez (2008) concluded that in arid or semi-arid regions such as southern Spain, irrigation results in an increase in the average profit margin of 612 to 2,616 USD/ha/year. Pagliettini and Gil (2008) used the residual value method to estimate the value of water for agriculture in the Miriñay River Basin, Brazil. They emphasize that irrigation increases the average annual profit margin from 42 to 91 USD/ha for livestock and 1,444 USD/ha for rice.

In a study conducted in India by Kumar, Malla, and Tripathy (2008), two districts with differences in water availability were compared by estimating the increase in the marginal value by the weighted mean water productivity. Among the values assigned to various crops, the following values in districts with scarce and abundant water, respectively, stand out: 356 USD/m³ and 207 USD/m³ for Karif rice and 370 and 419 USD/m³ for wheat². Esmacili and Vazirzadeh (2009) obtained the value of water and the maximum payment capacity through *net-back* analysis of horticultural crops in southern Iran, highlighting the values for cucumber (0.88 USD³/m³) and limes (0.28 USD/m³).

Qureshi, Ranjan, and Qureshi (2010) estimated the marginal value of water for crops in the Murray River Basin in Australia, highlighting citrus and vineyards with values ranging between

9.2 and 11 USD⁴/m³ and 9.2 and 6.0 USD/m³, respectively. Mesa-Jurado, Berbel, and Orgaz (2010) obtained the marginal value of water for irrigation in olive groves in southern Spain using the production function. These values range between 0.76 USD⁵/m³ for an allocation of 1,500 m³/ha and 0.86 USD/m³ for an allocation of 1,000 m³/ha. The authors present these values as a reference for making policy and agronomic decisions regarding the optimization of irrigation. These values also partly explain the increase in irrigated olive groves in the region.

Berbel, Mesa-Jurado, and Piston (2011) used the method of residual value to estimate a mean value of 0.41USD/m³ for crops in the Guadalquivir Basin in Spain, highlighting the great range in this value depending on the type of crop and the region where it is grown. Using the same method, Al-Karablieh et al. (2012) estimated the economic value of water in Jordanian crops, obtaining average values of water for vegetables and fruit trees ranging from 1.73 USD⁶/m³ to 0.32 USD/m³, respectively; among fruit, the highest value, 1.11 USD/m³, was associated with bananas. In northern Iran, Jaghdani, Brümmer, and Barkmann (2012) estimated the value of water in the irrigation network of Qazvin using the method of change in income via the Translog, Cobb-Douglas and contingent valuation functions. The values obtained were 0.04 USD⁷/m³ using the Translog function and 0.035 USD/m³ using the Cobb-Douglas function, whereas the willingness to pay based on the contingent valuation function reached 0.016 USD/m³.

Although there are numerous studies presenting estimates of the economic value of irrigation water, the great majority were performed in areas of water shortages. There are no documented estimates of the value of irrigation in regions of resource abundance. However, the increase in area under irrigation where water is plentiful and where there is a lack of information for designing programs that contribute to sustainable resource use make it important to perform studies of the value of water as an economic good and strategies for proper management of this resource in such locations.

Methodology

In this study, the method used was that of net income change, which is applied when it is necessary to estimate the value provided by the increase or decrease in water availability; it is also known as the productivity change method or the valuation of change in productivity (Pérez Roas, 2002). Net income change or change in net return, the term used by Young (2005), is a

simplified approach derived from the residual value method (Kadigi & Mdoe, 2005). The residual value approach involves identifying the incremental contribution of each factor of production to the value of total production, or the "residual" value of water. In other words, the economic value of water is attributed to the difference between the income of the farmer and all costs associated with production except for the cost of water. Therefore, the "residual" value of water or shadow price⁸ can be calculated as the difference between the total product value (TPV) and the costs of all factors in the management and production of the APU (materials and management). This calculation requires access to the accounting records of agribusinesses (Agudelo, 2001; Garrido, Palacios, Calatrava, Chávez, & Exebio, 2004; Speelman et al., 2008; Young & Loomis, 2014).

Among the studies based on this methodology, one stands out. Hussain, Raschid, Hanjra, Marikar, and Van der Hoek (2001) estimated the average value of water as the difference between the net output values in a scenario with water and in one without water divided by the amount of water.

This value is calculated using the following formulas:

$$AW_v = (NVO_w - NVO_{wo})/W \text{ and}$$

$$NVO_{x(w,wo)} = GVO_x - C_x,$$

where AW_v is the average value of water,

W is the volume of water used,

NVO_w is the value of net production with water,

NVO_{wo} is the value of net production without water,

GVO_x is the value of gross production, and

and C_x is the total production cost

This methodology was selected mainly due to the limited availability of comprehensive data in the study area that allow us to apply Residual Value Method (MVR) or the production function (there are no experimental agronomic functions that can be adapted to the crops and climate and soil characteristics of the study area). Therefore, the data collected through surveys of producers in the region on the structure of revenues and costs of their holdings allowed us to apply the net income change method and thereby obtain an adequate estimate of the economic value of water in the region.

Case study description

In Mexico, the agricultural sector consumes 74% and 60.4% of surface and ground water, respectively, representing the 76.6% of the total water concession volume (Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2014). However, agriculture accounts for only 3.6% of GDP (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2014). There is great variation in the distribution of water resources in Mexico. The central and northern parts of the country, for example, are under high or very high water-resource pressure because water for consumption as a fraction of renewable water exceeds 40%; the fraction is as high as 70% in Baja California and 130% in the Valley of Mexico (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)/CONAGUA, 2013). This variation hampers the management of water resources in the country, and thus, management must be applied differently from one region to the next. This study was conducted in the state of Tabasco, located in the lowlands of the transboundary basins shared by Mexico, Belize and Guatemala, namely the Grijalva and Usumacinta Basins, which together account for 34% of the available water resources in Mexico (SEMARNAT/CONAGUA, 2013). This state belongs to the XI hydrological-administrative region and to the Southern Border Basin Agency shared with the states of Chiapas, Oaxaca and Campeche. This agency spans an area of 103,480 km², which contains available water resources of 164 km³ (28,000 m³/inhabitant/year), of which only 2 km³ are used. The area of influence of the basin agency is located primarily in Chiapas and Tabasco, which contain 73% and 24%, respectively, of the agency's area.

The use value of irrigation water was estimated for the cultivation of bananas, one of the main crops in the state. Tabasco is second in the country in banana production, accounting for 31% of the value of domestic banana production. This contribution to the value of production is performed using half the cultivated area of that of first-place Chiapas. The high value of production in Tabasco is due to the high yields of 44 and 72 t/ha in rain-fed and irrigated fields, respectively, which are above the national averages of 23.5 and 42 t/ha in rain-fed and irrigated fields, respectively. A total of 84% of the banana production area in Tabasco is located in Cunduacán and Teapa (Figure 1); the area that is irrigated measures 2,809 ha (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2014).

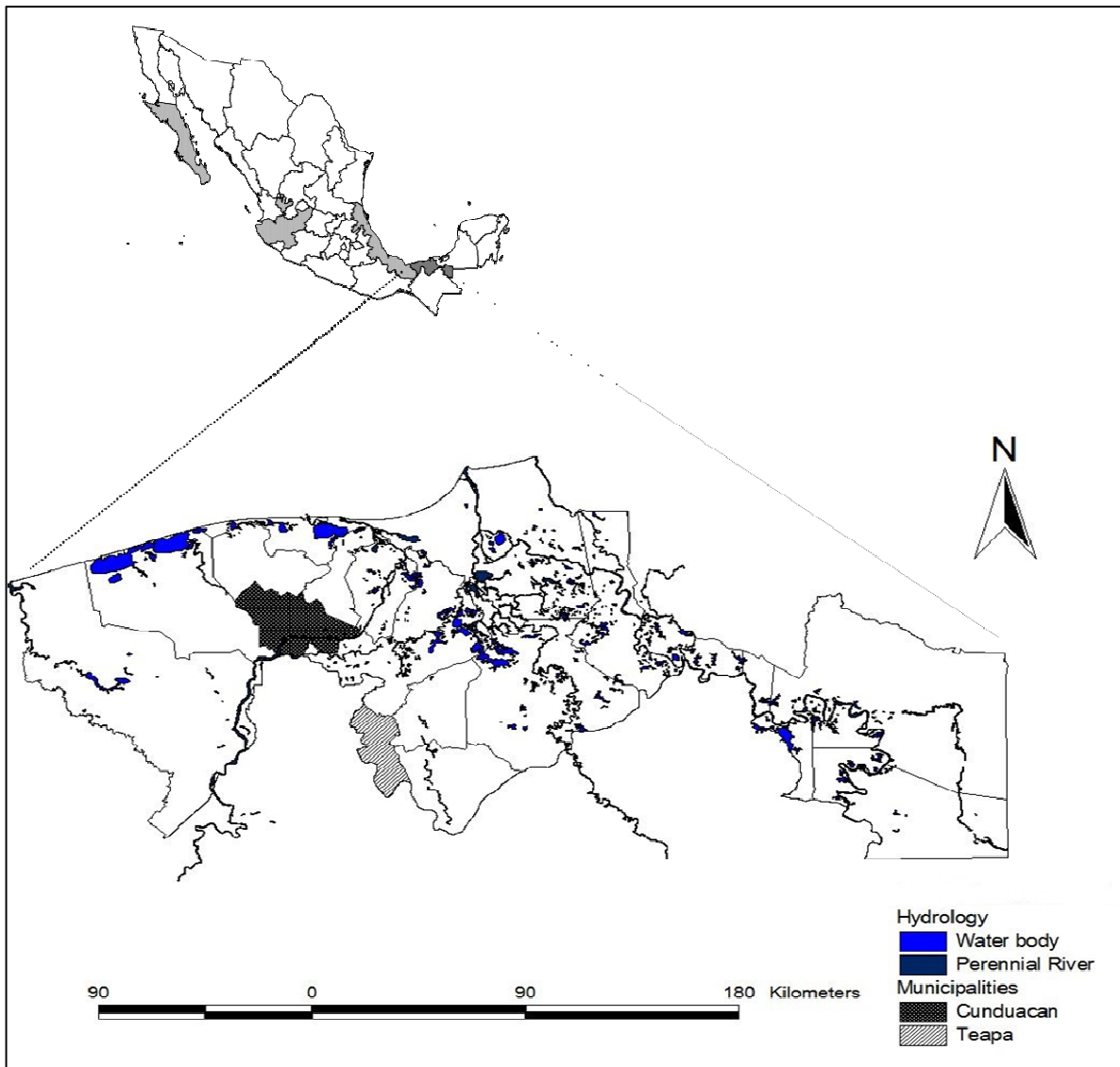


Figure 1. Hydrologic map of Tabasco and major municipalities with banana production
 Source: The authors, using Arc View GIS 3.2.

Since 1998, following a prolonged drought that seriously affected the production of bananas, the first concessions for irrigation in the region were granted, and the increase in area under irrigation followed an exponential growth rate (CONAGUA, 2012). In just the period of 1998 to 1999, the figure quadrupled, and the trend continues upward. Thus, it is necessary to generate information to support the design of public policies in agricultural promotion and planning to assist in water allocation and licensing of new concessions. According to the figures from the latest CONAGUA

inventory, the irrigated land in Tabasco represents only 10% of the land that is intended for agriculture and livestock (SEMARNAT/CONAGUA, 2013). Still, irrigation begins to be considered a strategic component of agricultural development in the region; therefore, the 2013-2018 State Development Plan envisages increasing technological support programs as mitigation measures in the Tabasco countryside.

The “Giant Cavendish” Banana (*Musa* AAA Cavendish subgroup) is cultivated in tropical and subtropical areas and reaches an optimal level of production exceeding 70 t/ha when evapotranspiration does not exceed soil moisture (Orozco-Romero & Pérez-Zamora, 2006). In reply to statements by Vázquez-Valdivia, Pérez-Barraza, and Osuna-García (2004), who note that irrigation is unnecessary on banana plantations in Tabasco and Chiapas because of annual rainfall amounts ranging between 2,300 and 3,800 mm, these areas are geographically situated such that rain is unevenly distributed throughout the year. Tabasco, for example, exhibits contrasting conditions, with excessive rainfall reaching maximums of 380 mm/month, when it is necessary to drain water from fields, and a period of drought marked by minimum rainfall of 50 mm/month (CONAGUA, 2010). During the drought period, the plants suffer water stress, and production decreases considerably. Banana plants are extremely sensitive to soil moisture content (Martínez, 2013). A deficit or excess of water during certain phenological stages causes irreversible damage to root systems and production, and the fruit that is produced is of low quality. Physical and chemical parameters such as weight, number of hands per bunch, length of fingers, and texture and taste of the flesh are also affected (Cigales & Pérez, 2011; Guzmán, 2010; Orozco-Romero & Pérez-Zamora, 2006; Soto, 2008; Yzquierdo-Arébalos, Carrillo-Ávila, & Palacios-Vélez, 2003).

Therefore, supplemental irrigation plays an important role in the management of plantations, helping to maintain fruit quality and with it stability in farmer incomes (Cigales & Pérez, 2011). This, in turn, affords farmers the possibility of entering international markets that offer high prices to producers.

Data

Data collection was performed using questionnaires and personal semi-structured interviews with owners or managers of banana farms. The questionnaires included questions regarding data such as the total area, crop type, support received, production costs and income, and production

destination. A total of 52 surveys were conducted in 2012, representing 30% of the total area under banana cultivation in the state of Tabasco. Of these, 18 surveys were conducted on rain-fed farms and 30 on irrigated farms, the latter representing more than 50% of the total hectares of irrigated bananas (SAGARPA-SIAP, 2014). Contacts with producers and managers of the farms were obtained using the snowball sampling technique⁹ (Ávalos-Huerta, Sánchez-López, & López-González, 2013; Mack, Woodson, Macqueen, Guest, & Namey, 2005). It should be noted that the prevailing sense of insecurity in the country, particularly in rural areas, makes data collection problematic. Producers are reluctant to provide information about their incomes and the locations of their farms; therefore, we think that the data obtained in the field are particularly significant in view of the difficulty of their collection.

Results and discussion

Stratification of Farms

The size of farms in the sample varied a great deal¹⁰, and thus the analysis and comparison of farms was made possible by differentiating them based on the producer type using the stratification published by FAO-SAGARPA (2012), which consists of six strata of production units. This classification is based on annual sales revenue and has a minimum and maximum range. The surveyed farms belonged to either of two strata: those of "booming business" (E5), with incomes ranging from USD¹¹ 17,401/year to USD 176,378/year, and those of "dynamic business" (E6), with incomes ranging from USD 177,365/year to USD 5 876,993/year. In stratum E5, 20 surveys were pooled, 13 corresponding to irrigated production and 7 to rain-fed production. Twenty surveys represented stratum E6, of which 16 were collected on irrigated farms and 11 on rain-fed farms. Two interviews considered atypical were excluded from the analysis because the yields were well below average. Table 1 shows the characterization of the surveyed farms, and Figures 2 and 3 show the percentage distribution of net costs on rain-fed and irrigated farms. The costs of labour and the application of fertilizers and pesticides account for 80 and 86% of the production costs of irrigated and rain-fed farms, respectively. The high cost of labour, which accounts for 44 and 50% of total costs depending on the mode of production, highlights the amount of management required for the cultivation of bananas and its contribution to generating employment in rural areas.

Table 1. Characteristics of banana farms in the sample

Stratum	Production Regime	Sampled Area (ha)	Yield (t/ha)	Export (%)	Net Costs (USD/ha)	Net Income (USD/ha)
E5	Irrigated	187	48.0	5	5,553.26	22,887.99
E5	Rain-fed	64	43.5	1	4,221.08	17,121.49
E6	Irrigated	1392	61.0	10	7,024.47	26,496.10
E6	Rain-fed	1258	52.6	5	5,902.36	20,116.33

Source: The authors.

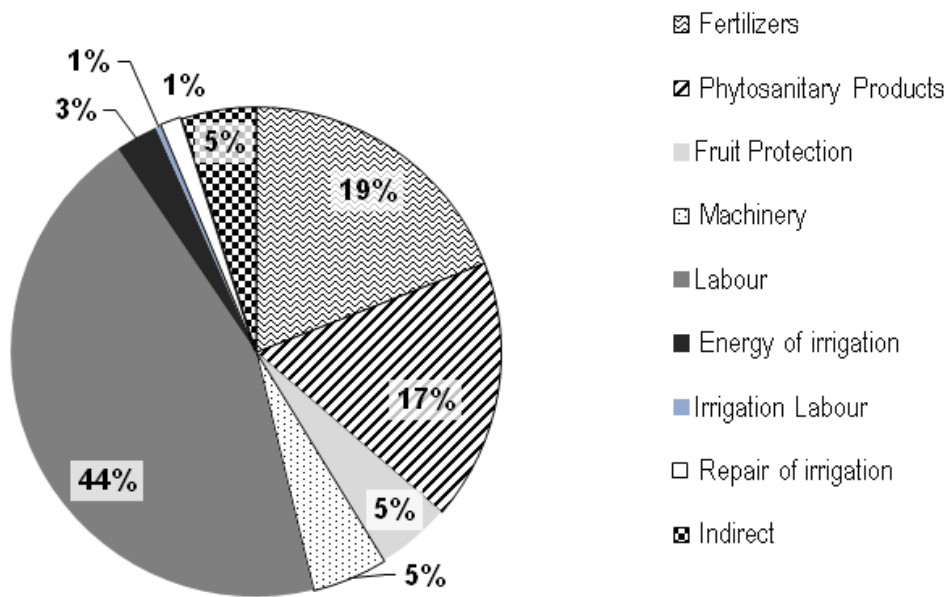


Figure 2. Percent distribution of costs on farms with irrigation systems in Tabasco
Source: The authors.

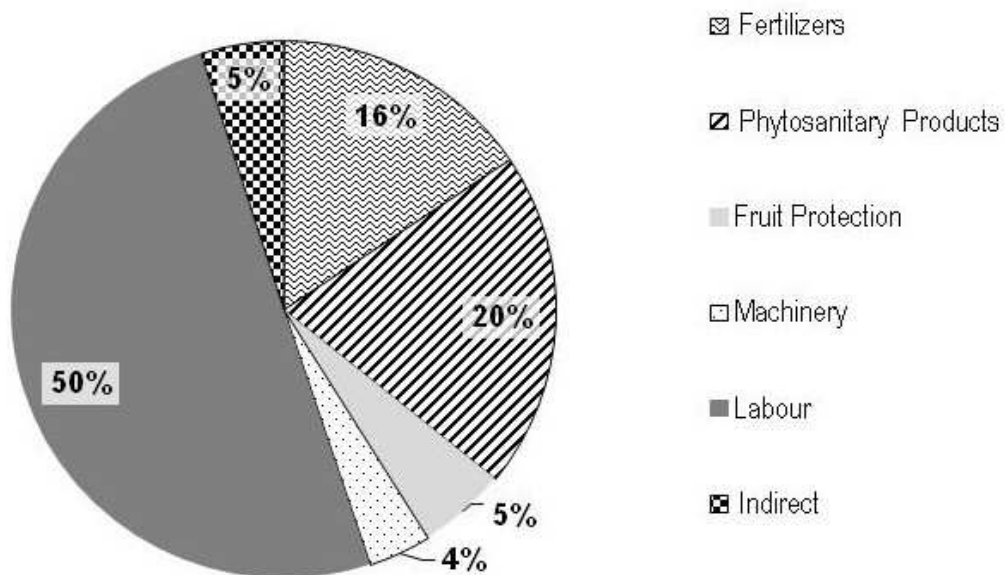


Figure 3. Percentages of costs on farms with rain-fed systems in Tabasco

Source: The authors.

Estimation of the agricultural use value of water

The estimation of revenues was conducted by analysing the official selling prices published by SIAP (2014), Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM) (2014) and Statistics-FAO (2014) in local, domestic and export markets. Table 2 shows the data used to calculate the value that irrigation water provides to banana producers in Tabasco. It highlights that the value is higher in stratum E6 than in stratum E5, which may be because agribusiness belonging to the former stratum is characterized by better farm management primarily in terms of agronomy and administration.

Table 2. Estimated value of irrigation water used on banana plantations

Characteristics		Variables			Value	
Stratum	Production Regime	Gross Value of Production (USD)	Total Cost of Production (USD)	Net Value of Production (USD)	Water Volume (m ³ /ha/cycle)	Mean Value of Water (USD/m ³)
E5	Irrigated	22,887.99	5,553.26	17,334.73	3000	1.48
E5	Rain-fed	17,121.49	4,221.08	12,900.41		
E6	Irrigated	26,496.10	7,024.47	19,471.63	3000	1.75
E6	Rain-fed	20,116.33	5,902.36	14,213.97		

Note: The value of W is derived from the study by (Soto, 2008). $W = 12,000 \text{ (m}^3\text{/ha/year)} * 1/4 \text{ (year/cycle)}$. The Tabasco irrigation cycle is 3 months.

Source: The authors

The data indicate that the increase in profitability is important because irrigated farms of strata E5 and E6 produced income 34% and 37% greater, respectively, than those using rain-fed systems.

Figure 4 shows the differences between irrigation and rain-fed farms and the relationships between the yield, the selling price per ton of bananas in the domestic and export markets and the average monthly precipitation in Tabasco. In February, an irrigated farm can sell as much as 6 ton/ha at 500 USD/ton in the domestic market and at 900 USD/ton in the export market, whereas yields on rain-fed farms range between 2 and 3 ton/ha in January, February, March and April, which are months when prices are high. Therefore, it is important for farmers to produce a large amount of fruit during the months of high prices. Thus, irrigation presents an opportunity to compete in the international market because the yield is more stable on irrigated farms.

The estimated monthly yields on irrigated and rain-fed farms were obtained by multiplying the annual farm yields of stratum E6 with the percentage of banana production on rain-fed and irrigated farms in Tabasco. E6 yields were used in the evaluation because this stratum represents the highest percentage of exports (Table 1). The monthly percentage distribution of yields was obtained from data published by (SAGARPA-SIAP, 2014).

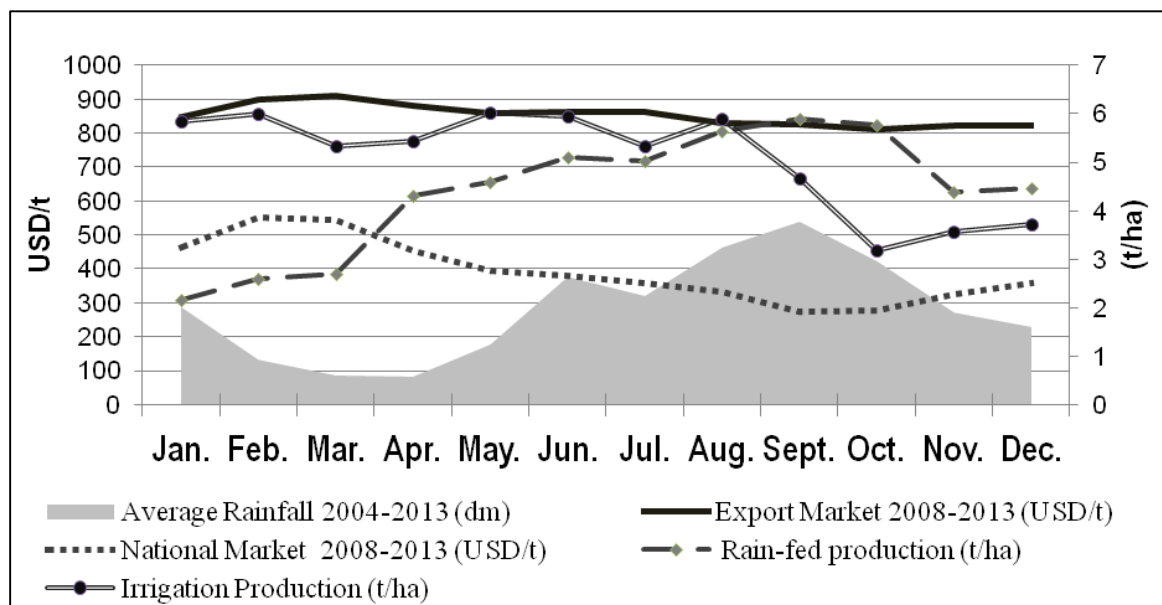


Figure 4. Irrigation and rain-fed performance ratios versus prices in export markets
Source: The authors, with data from Surveys (2012), CONAGUA (2010), FAO (2014) and SAGARPA-SIAP (2014).

The values of irrigation water on banana plantations indicate that in regions with high resource availability, the difference in yields between irrigated and rain-fed production is significant. Thus, the water supplied by supplemental irrigation plays a key role in banana production, enabling producers to achieve greater stability of income throughout the year and, in turn, to access export markets, which offer higher fruit prices and translates into higher revenues. Authors such as Agudelo and Hoekstra (2001) reported irrigation water values for bananas ranging between 0.3 and 3.2 USD/m³; Al-Karablieh et al. (2012), applying the MVR method to the same crop, estimated a value of 1.11 USD/m³. The results of 1.48 USD/m³ and 1.75 USD/m³ obtained in this study are within the range previously reported in regions where water is scarce.

Conclusions

In this study, we estimated the economic value of irrigation water in the tropical region of south-eastern Mexico, which is characterized by high annual water availability. Our findings are consistent with those obtained earlier in regions of water scarcity. As part of the study, 52 surveys (18 on rain-fed farms and 30 on irrigated farms) were performed in 2012. These farms represent 30% of the total area under banana production in the state and 50% of the total irrigated

area planted with this crop. The findings from the surveys included socioeconomic data of the APUs, the area under cultivation, the yield and production costs.

In contrast to earlier perceptions of banana cultivation in a region with abundant water availability and annual mean precipitation exceeding needs, supplemental irrigation during certain months of the year results in an increase of 34% to 37% in profits from banana plantations compared to production that depends only on annual precipitation. In addition, market opportunities increase by the production of larger fruit with better texture and flavour, i.e., quality parameters that are demanded by export markets and transnational corporations operating in Mexico.

Rain-fed agriculture is more vulnerable to climatic variations due to the decrease in precipitation during certain months of the year and the concentration of rainfall during a few weeks or days. This change in annual precipitation and temperature patterns has a significant impact on the productivity of APUs. Based on findings from the literature review, we are not aware of studies presenting estimates of the value of irrigation water in regions of abundant water resources. Therefore, the data obtained in this study may be useful for decision makers and could encourage increased irrigation and thus the profitability of APUs in such areas. Moreover, these initiatives could contribute to the efficient and equitable allocation of this resource. For example, if the goal of environmental and water policy is to promote the conservation and sustainable management of water in the state, then a measure of the unit contribution of irrigation water will serve to approximate the maximum willingness of producers to pay for the resource, which will serve as a reference in discussions on policy instruments (e.g., revising rates and designing payment programs for environmental services).

This study serves as a precedent regarding the need to evaluate irrigation in areas of abundant water resources: in this way, water management can be supported by policies of extension and optimization of irrigation in these types of regions.

Acknowledgements

This study was supported by the project "The economic value of water for agricultural use in the state of Tabasco", TAB-2011-C24-167954, funded by the CONACYT-Tabasco Combined Fund, which made it possible to collect the field data used in this study.

Notes

1. To facilitate the comparison between the results of different studies and countries, all amounts are expressed in one currency, the US dollar. Exchange rates are detailed for each national currency
2. The exchange rate for the period 2003-2004 was USD 1.0 = Rs 45.9516 (India, 2014).
3. One USD = 9,200 riales (Esmaeili & Vazirzadeh, 2009).
4. The exchange rate of Australian dollars to US dollars is AUD 1 = USD 0.9194 (Ltd., 2014)
5. The exchange rates in 2008, 2010 and 2011 were 1.0 € = 1.3917, 1.4406 and 1.3362 USD (Bank, 2014), respectively.
6. The exchange rate of US dollars to Jordanian dinars is USD \$ 1.41 = JD 1.0 (Al-Karablieh et al., 2012).
7. The 2012 exchange rate from USD to IRR was USD 1 = 12,243 rials (Ltd., 2014).
8. The shadow price in this case is a measure of the increase in production value when an additional unit of water is available while the use of the remaining inputs is kept relatively constant (Godínez-Montoya et al., 2007).
9. The snowball method involved making contact with a key informant who in turn recommended us to more informants, and thus, there was greater trust and availability of survey respondents.
10. Mean values and standard deviations for irrigation and rain-fed categories were $\bar{X} = 50$ and 70 ha; $\sigma = 53$ and 50 ha, respectively.
11. The 2012 exchange rate of USD to Mexican pesos was USD 1.00 = MNX 13.17 (BANXICO, 2014).

References

- Agudelo, J. I. (2001). *The economic valuation of water: Principles and methods. Value of Water Research Report Series* (Vol. 5). Netherlands.
- Agudelo, J. I., & Hoekstra, A. Y. (2001). *International Specialty Conference: Valuing water for agriculture: application to the Zambezi Basin Countries*. Netherlands.
- Al-Karablieh, E. K., Salman, A. Z., Al-Omari, A. S., Wolff, H.-P., Al-Assa'd, T. A., Hunaiti, D. A., & Subah, A. M. (2012). Estimation of the Economic Value of Irrigation Water in Jordan. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 2(5B), 487–497.
- Ávalos-Huerta, I., Sánchez-López, D. L., & López-González, C. (2013). Nomenclatura vernácula, uso y manejo de *Opuntia* spp. en Santiago Bayacora, Durango, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(23), 367–380.
- Azevedo, P. V. de, Souza, C. B. de, Silva, B. B. da, & Silva, V. P. R. da. (2007). Water requirements of pineapple crop grown in a tropical environment, Brazil. *Agricultural Water Management*, 88(1-3), 201–208. <http://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.10.021>
- Bank, E. – E. C. (2014). *Statistical Data Warehouse*. Available at: <http://sdw.ecb.europa.eu/quickview.do> (accessed 22 September 2014)
- BANXICO. (2014). *Mercado Cambiario*. Available at: <http://www.banxico.org.mx/tipcamb/tip> (accessed 3 September 2014)

- Berbel, J., Mesa-Jurado, M., & Piston, J. M. (2011). Value of Irrigation Water in Guadalquivir Basin (Spain) by Residual Value Method. *Water Resources Management*, 25(6), 1565–1579.
- Carr, M. K. V. (2009). The Water Relations and Irrigation Requirements of Banana (*Musa Spp.*). *Experimental Agriculture*, 45(03), 333. <http://doi.org/10.1017/S001447970900787X>
- Carr, M. K. V. (2012a). The water relations and irrigation requirements of pineapple (*Ananas comosus* var. *comosus*): a review. *Experimental Agriculture*, 48(04), 488–501. <http://doi.org/10.1017/S0014479712000385>
- Carr, M. K. V. (2012b). The Water Relations and Irrigation Requirements of Citrus (*Citrus Spp.*): a Review. *Experimental Agriculture*, 48(03), 347–377. <http://doi.org/10.1017/S0014479712000038>
- Carr, M. K. V. (2014). The water relations and irrigation requirements of mango (*Mangifera indica L.*): A review. *Experimental Agriculture*, 50(1), 1–23. <http://doi.org/10.1017/S0014479713000288>
- Carr, M. K. V., & Lockwood, G. (2011). The Water Relations and Irrigation Requirements of Cocoa (*Theobroma Cacao L.*): a Review. *Experimental Agriculture*, 47(04), 653–676. <http://doi.org/10.1017/S0014479711000421>
- Cigales, M., & Pérez, O. (2011). Variabilidad de suelos y requerimiento hídrico del cultivo de banano en una localidad del Pacífico de México. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 15(3), 21–31.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2010). *Orientaciones diferenciadas para la adaptación agropecuaria en México, en México, el Desafío del Cambio Climático a la Agricultura: Impactos y Adaptación*. México.
- CONAGUA. (2010). *Análisis Climatológico*. Available at <http://smn.conagua.gob.mx/index.php> (accessed 30 October 2012).
- CONAGUA. (2012). *Registro Público de Derechos de Agua (REPDa)*. Available at: <http://www.conagua.gob.mx/Repda.aspx> (accessed 30 October 2012)
- CONAGUA. (2014). *Títulos y volúmenes de aguas nacionales y bienes inherentes por uso de agua*. Available at: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/nacional.pdf> (accessed 24 September 2014)
- Deschamps, J. R., Otero, O., & Tonni, E. P. (2003). *Cambio climático en la pampa bonaerense: las precipitaciones desde los siglos XVIII al XX*. Universidad de Belgrano. Area de Estudios Agrarios. Departamento de Investigaciones.
- Esmaili, A., & Vazirzadeh, S. (2009). Water Pricing for Agricultural Production in the South of Iran. *Water Resources Management*, 23, 957–964.

- FAO. (2014). *Banana Market Review and Banana Statistics 2012-2013*. Rome. Available at: <http://www.fao.org/docrep/019/i3627e/i3627e.pdf>.
- FAO/Water Reports. (2000). *Irrigation in Latin America and The Caribbean in Figures*. Available at: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/wr20.pdf>.
- FAO-AQUASTAT. (2015). *Extracción de Agua*. Available at: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/lac/indexesp4.stm (accessed 18 August 2014).
- FAO-OMS. (2005). *Codex Alimentarius*. Available at: <http://www.fao.org/3/a-a0369s.pdf> (accessed 8 June 2014).
- FAO-SAGARPA. (2012). *Diagnóstico del sector rural y pesquero: Identificación de la problemática del sector agropecuario y pesquero de México*. México, DF. Available at: http://www.fao-evaluacion.org.mx/cuestionario_final/diagnostico/apps/files/CAP3.pdf.
- Garrido, a, Palacios, E., Calatrava, J., Chávez, J., & Exebio, a. (2004). *La importancia del valor, costo y precio de los recursos hídricos en su gestión*, 49. Available at: <http://www.rlc.fao.org/Proyecto/Fodepal>
- Godínez-Montoya, L., García-Salazar, J. A., Fortis-Hernández, M., Mora-Flores, J. S., Martínez-Damián, M. Á., Valdivia-Alcalá, R., & Hernández-Martínez, J. (2007). Valor económico del agua en el sector agrícola de la Comarca Lagunera. *TERRA Latinoamericana*, 25(1), 51–59.
- Guzmán, G. S. M. (2010). *Evaluación de la productividad del agua en el cultivo de banano (Musa AAA Simmnonds) para la zona de Santa Marta por medio de la variación de tres coeficientes de cultivo (k0)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Hussain, I., Raschid, L., Hanjra, M. A., Marikar, F., & Van der Hoek, W. (2001). *A framework for analyzing socio-economic, health and environmental impacts of wastewater use in agriculture in developing countries*. Colombo, Sri Lanka.
- India, R.-R. B. of. (2014). *Database On Indian Economy*. Available at: <http://dbie.rbi.org.in/DBIE/dbie.rbi?site=statistics> (accessed 22 September 2014)
- INEGI. (2014). *Producto Interno Bruto a precios corrientes*. Available at: http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/notasinformativas/pib_precri/ni-pibcr.pdf (accessed 6 May 2014)
- Jaghdani, T. J., Brümmer, B., & Barkmann, J. (2012). Comparison of methods for the valuation of irrigation water: case study from Qazvin, Iran. *Irrigation and Drainage*, 61(3), 375–385. <http://doi.org/10.1002/ird.683>

- Jiang, Q., & Grafton, R. Q. (2012). Economic effects of climate change in the Murray – Darling Basin, Australia. *Agricultural Systems*, 110, pp.10–16.
- Kadigi, R. M. J., Kashaigili, J. J., & Mdoe, N. S. (2004). The economics of irrigated paddy in Usangu Basin in Tanzania: water utilization, productivity, income and livelihood implications. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 29(15-18), 1091–1100. <http://doi.org/10.1016/j.pce.2004.08.010>
- Kadigi, R., & Mdoe, N. (2005). *The value of water for irrigated paddy and hydropower generation in the Great Ruaha, Tanzania. Proceedings of the East Africa Integrated River Basin Management Conference.*
- Kumar, M. D., Malla, A. K., & Tripathy, S. K. (2008). Economic value of water in agriculture: comparative analysis of a water-scarce and a water-rich region in India. *Water International*, 33(2), 214–230. <http://doi.org/10.1080/02508060802108750>
- López-Baldovín, M. J., & Berbel, J. (2002). *Revisión de las metodologías de estimación de la demanda de agua de riego. IV Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua.*
- Lorente, I., Gamó, D., Gómez, J. L., Santos, R., Flores, L., Camacho, A., ... Navarro, J. (2004). Los efectos biológicos del cambio climático. *Revista Ecosistemas*, 13(1), 103–110. <http://doi.org/10.7818/re.2014.13-1.00>
- Ltd., F. M. (2014). Investing.com México - Finanzas, Bolsa y Forex. Available at: <http://mx.investing.com/> (accessed 23 August 2014).
- Mack, N., Woodson, C., Macqueen, K., Guest, G., & Namey, E. (2005). *Qualitative Research Methods: A Data Collector's Field Guide*. North Carolina, USA: Family Health International, USAID.
- Maestu, J., Gómez, C. M., & Gutiérrez, C. (2008). *Los usos del agua en la economía española: situación y perspectivas.*
- Magaña, V. (1999). *Los impactos de El Niño en México*. SG/IAI. México.
- Martínez Varona, R. (2013). Controlled deficit irrigation effect in the productivity of the banana tree. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(2), 51–55.
- McCartney, M. P., Lankford, B. A., & Mahoo, H. (2007). *Agricultural water management in a water stressed catchment: Lessons from the RIPARWIN project*. Colombo, Sri Lanka.
- Medellín-Azuara, J., Howitt, R. E., MacEwan, D. J., & Lund, J. R. (2011). Economic impacts of climate-related changes to California agriculture. *Climatic Change*, 109(SUPPL. 1), 387–405. <http://doi.org/10.1007/s10584-011-0314-3>

- Mesa-Jurado, M., Berbel, J., & Orgaz, F. (2010). Estimating marginal value of water for irrigated olive grove with the production function method. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(S2), 197–206.
- Ojeda-Bustamante, W., Sifuentes-Ibarra, E., Íñiguez-Covarrubias, M., & Montero-Martínez, M. J. (2011). Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia*, 45, 1–11.
- Orozco-Romero, J., & Pérez-Zamora, O. (2006). Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en plátano (Musa AAA Simmonds) CV. Gran Enano. *Agrociencia*, 40(02), 149–162.
- Pagliettini, L., & Gil, G. (2008). El valor del agua en el proceso productivo. Análisis en la cuenca del Río Miriñay. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 13, 165–175.
- Pérez Roas, J. A. (2002). *Valoración económica del agua*. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT). Mérida, Venezuela.
- Pietrantonio, C. D. (2010). Propuesta Metodológica para la valoración económica de los Recursos Hídricos del NE de la Provincia de Córdoba. *Ciencia*, 5(12), 139–154.
- Qureshi, M. E., Ranjan, R., & Qureshi, S. E. (2010). An empirical assessment of the value of irrigation water: The case study of Murrumbidgee catchment. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 54(1), 99–118. <http://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2009.00476.x>
- SAGARPA-SIAP. (2014). Cierre de la producción agrícola por cultivo. Available at: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo> (accessed 6 May 2014).
- SEMARNAT/CONAGUA. (2013). *Estadísticas del Agua en México*. Available at: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGP-2-14Web.pdf>.
- Silva, A. J. P. da, Coelho, E. F., & Miranda, J. H. de. (2012). Sensor placement for irrigation scheduling in banana using micro-sprinkler system. *Water Resources and Irrigation Management*, 1(1), 15–23.
- Söderbaum, P. (2009). Science, politics and water management for sustainability: economics as example. *Water International*, 32(4), 432–440.
- Soto, M. (2008). *Bananos Técnicas de Producción, Manejo Poscosecha y comercialización*. Tibás, Costa Rica: Litografía e imprenta LIL.
- Speelman, S., Farolfi, S., Perret, S., D'haese, L., & D'haese, M. (2008). Irrigation Water Value at Small-scale Schemes: Evidence from the North West Province, South Africa. *International Journal of Water Resources Development*, 24(4), 621–633. <http://doi.org/10.1080/07900620802224536>

- Vázquez-Valdivia, V., Pérez-Barraza, M. H., & Osuna-García, J. . (2004). Irrigation and Fertilization on Vigor and Yield of Banana (*Musa spp.*)“FHIA-01.” *Revista Chapingo Serie Horticultura*, *10*(2), 153–157.
- Young, R. A. (2005). *Determining the Economic Value of Water Concepts and Methods*. (R. for the Future, Ed.). Washington, DC: Routledge.
- Young, R. A., & Loomis, J. B. (2014). *Determining the Economic Value of Water Concepts and Methods*. (R. Press, Ed.) (Second). New York: Resources for the future.
- Yzquierdo-Arébalos, S., Carrillo-Ávila, E., & Palacios-Vélez, O. L. (2003). Response of the Grand Nain Banana at Three Subsuperficial Drainage Spacings in “ La Chontalpa ”, Tabasco. *TERRA Latinoamericana*, *21*(4), 533–543.

Capítulo III. Estimación del valor económico del agua de riego para el limón persa en Tabasco

Introducción

El limón persa (*Citrus latifoliada*) se cultiva principalmente en las franjas del trópico y subtropical. El estado de Tabasco ocupa el quinto lugar nacional en superficie sembrada de este cultivo, que representa el 22 por ciento de la superficie agrícola irrigada en el estado, colocándolo en el tercer lugar detrás del banano y el arroz (SAGARPA-SIAP, 2014). El limón alcanza un nivel óptimo de producción de 26.3 t/ha cuando cuenta con las condiciones necesarias de humedad y disponibilidad de agua (Aceves et al., 2009 y Caamal-Cauich et al., 2014). Contrario a lo planteado por Vázquez-Valdivia, Pérez-Barraza y Osuna-García (2004), quienes mencionan que en Tabasco y Chiapas es innecesario el riego por los registros anuales de precipitaciones que oscilan entre los 2300 y 3800 mm, estas áreas presentan una particularidad propia de la geopotencia ya que las lluvias no se distribuyen de manera uniforme en el año. Así, el limón es susceptible a los periodos de estiaje que se presentan en Tabasco (CONAGUA-SMN, 2014). La sequía genera estrés hídrico en las plantas y provoca la disminución de la producción. Además, los contenidos de hierro y aluminio en el suelo aumentan generando toxicidad y disminución de la fertilidad (López-López et al., 2011). El déficit de agua en ciertas etapas fenológicas provoca retrasos en el crecimiento vegetativo, aumento en pérdidas por antracnosis¹ (*Colletotrichum acutatum*) y baja producción comercial ya que el fruto que se genera es de baja calidad. Los parámetros físicos y químicos como peso y diámetro del fruto, acidez, espesor de la cáscara y contenido de jugo se ven afectados (IICA, 2007 y González, 2011).

El riego suplementario juega un papel importante en el manejo de las plantaciones, ayudando a mantener la calidad de los frutos y con ello una estabilidad en los ingresos del agricultor (Cigales y Pérez, 2011). López-López et al. (2011) determinaron que el aporte de 2,203 m³/ha es suficiente para satisfacer la demanda de agua para el limón persa en Tabasco.

Colecta de Datos

Para la estimación del valor económico del agua de riego para este cultivo se obtuvieron los datos socioeconómicos mediante la aplicación de cuestionarios y entrevistas personales semi-estructuradas a propietarios y/o administradores de las fincas productoras de limón. El diagnóstico se llevó a cabo en el municipio Huimanguillo, donde se localiza el 97% de la superficie sembrada de limón de Tabasco. En los cuestionarios se incluyeron preguntas acerca de las fincas como superficie total, tipo de cultivo, apoyos gubernamentales recibidos, costos de producción e ingresos y destino de la producción entre otros. Se realizaron un total de 24 encuestas a fincas productoras durante 2013, con las que se logró cubrir cerca de 3,476 ha que representan el 46% de la superficie total cultivada de limón persa en el estado. De estas 11 encuestas (1,536 ha) son de fincas con sistema de temporal y 13 encuestas (1,788 ha) pertenecen a fincas de explotaciones bajo riego. Según las cifras oficiales reportadas por SAGARPA-SIAP (2014) la superficie de limón en el estado es de 7,188 ha. Como se comentó en el capítulo III en ocasiones los productores se niegan a proporcionar información debido a la desconfianza que genera la inseguridad del Estado. Por ello, para lograr contactar a los productores de limón también utilizamos la técnica llamada “bola de nieve”.

Resultados y Discusión

Estratificación de las Fincas

La superficie de las fincas de la muestra exhibe una gran variación² por lo que para poder realizar el análisis y comparación se realizó la diferenciación y estratificación de las UPAs que se expuso en el capítulo anterior. Once encuestas se agruparon en el estrato E5, cuatro pertenecen al régimen de producción de riego y siete al de temporal. En el estrato E6 se agruparon 13 encuestas, nueve en riego y cuatro en temporal. En la Tabla 1 se presenta la caracterización de las fincas encuestadas y en las figuras 2 y 3 se muestra la distribución porcentual de los costos netos de fincas en temporal y riego. En el caso de limón persa, el mayor porcentaje de los costos lo ocupa el aporte de fertilizantes, esto se debe a que la planta requiere de los aportes necesarios de nutrientes para obtener los resultados esperados de rendimientos. Otra partida que ocupa un porcentaje significativo en los costos (30%) es la mano de obra que, en conjunto con los fertilizantes, generan entre un 71 y 78% de los costos de riego y temporal, respectivamente. La mano de obra es muy importante en la producción de limón, ya que durante los picos de cosecha se requiere de una gran cantidad de personal que cubra ese trabajo. Es importante realizar la cosecha a tiempo indistintamente si el precio de venta sea el óptimo, porque de no realizar la cosecha se retrasa la siguiente floración y puede repercutir en la venta de producto en épocas de precios altos.

Tabla 1. Caracterización de las fincas de limón persa en Tabasco

Estrato	Régimen de Producción	Superficie Muestreada (ha)	Rendimiento (t/ha)	Exportación (%)	Costo Neto (MXN/ha)	Ingreso Neto (MXN/ha)
E5	Riego	120	20.0	20	16,191.27	83,611.50
E5	Temporal	291	12.5	11	16,983.09	40,405.42
E6	Riego	1668	24.2	84	24,982.62	115,961.35
E6	Temporal	1240	19.7	60	23,997.38	82,666.77

Fuente: Elaboración propia

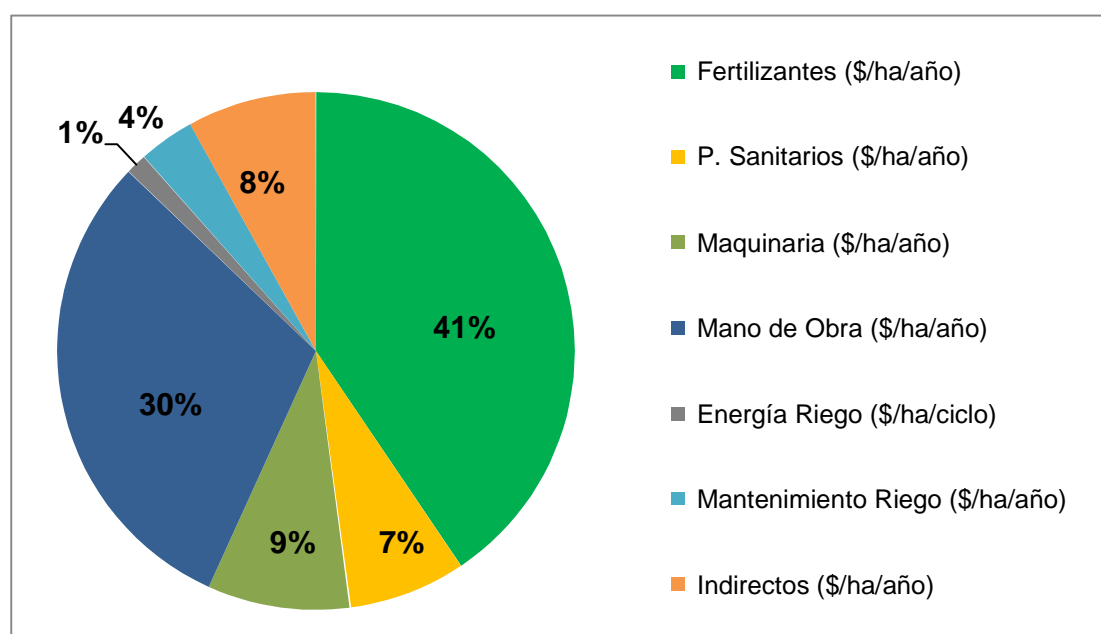


Figura 2. Distribución porcentual de los costos para fincas con riego en Tabasco. Fuente: Elaboración propia.

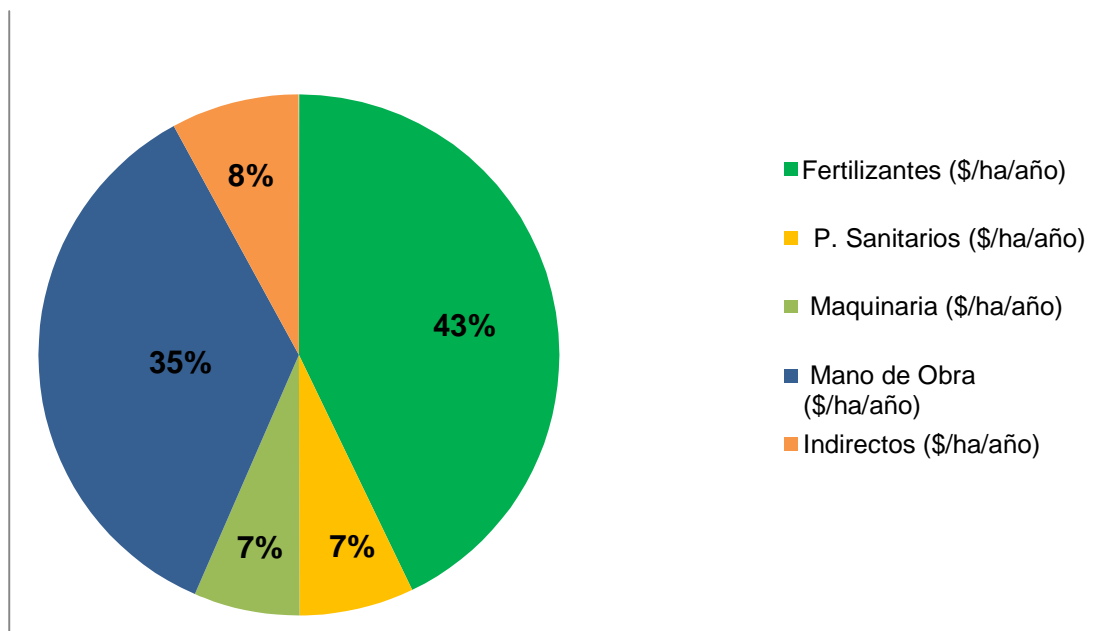


Figura 3. Distribución porcentual de los costos para fincas en sistema de temporal en Tabasco. Fuente: Elaboración propia.

Estimación del valor de uso agrícola del agua

Uno de los hallazgos obtenidos en el trabajo de campo es que son pocos los administradores que llevan o conocen el detalle de la contabilidad de las UPAs, especialmente en lo que respecta a los ingresos por venta de la fruta. Por ello, como en el caso del banano, los ingresos se obtuvieron mediante el análisis de los precios de venta publicados por SAGARPA-SIAP (2014), SNIIM (2014) y Estadísticas-FAO (2012) estimados en mercados locales, nacionales y de exportación. En el Tabla 2 se muestran los datos utilizados para calcular el valor que aporta el riego a los productores de limón persa en Tabasco. Se destaca que el estrato E5 tiene un valor un poco más elevado que el estrato E6. Esto se debe a que el aporte de agua aumenta el margen de rendimientos y ganancias de las agroempresas que pertenecen al estrato E5. En el

caso del limón los costos del estrato E5 respecto a los del E6 son mucho menores. Esta diferencia en los costos hace que aumente el valor aportado del agua. Esto muestra que el agua es imprescindible para los productores de limón ya que, aún sin un manejo agronómico idóneo, pueden alcanzar mejores ingresos con el sólo aporte de agua.

Tabla 2. Estimación del valor del agua de riego para limón persa

Características		Variables			Valor	
Estrato	Régimen de Producción	Valor Bruto de Producción (MXN)	Costo Total de Producción (MXN)	Valor Neto de Producción (MXN)	Volumen de Agua (m ³ /ha/ciclo)	Valor Medio del Agua (MXN/m ³)
E5	Riego	99,802.77	16,191.27	83,611.50	2203	19.61³
E5	Temporal	57,388.51	16,983.09	40,405.42		
E6	Riego	140,943.97	24,982.62	115,961.35	2203	15.11
E6	Temporal	106,664.14	23,997.38	82,666.77		

Nota: El valor de "W" se obtuvo del estudio realizado por López-López et al. (2011). W= 2,203 (m³/ha/ciclo). Fuente: Elaboración propia

El aumento en la rentabilidad es importante, ya que las fincas con riego del E5 duplican sus ingresos y las del E6 aumentan las ganancias netas en un 40 por ciento con respecto a las que se encuentran en temporal.

La Figura 4 muestra los rendimientos en temporal y riego, los precios de venta mensual en los mercados nacional y de exportación. Se muestra la relación que existe entre la precipitación mensual promedio para Tabasco, los rendimientos y los precios de venta corrientes para cada mes. Como se puede ver un productor que cuenta con riego suplementario puede vender hasta 2.3 t/ha a MNX 10,400/t en mercado nacional y MNX 8,000/t en mercado de exportación en el mes de marzo. Mientras que las fincas en

temporal tienen rendimientos que oscilan entre 1 y 1.8 t/ha en la temporada de venta de enero a abril, época que se caracteriza por reflejar los precios de venta más altos. Por ello, es importante para los citricultores asegurar la producción en los meses de enero a abril y así, poder aprovechar los precios de venta que se presentan en esta época. La Figura 4 muestra que la línea de distribución de rendimientos en temporal tiene un decremento justo en la ventana de precios altos. En este sentido, el riego representa una oportunidad para competir en el mercado internacional y las empresas transnacionales que se encuentran en México ya que la línea de distribución de rendimientos es más estable con el uso de sistemas de riego.

La línea de distribución de rendimientos mensuales para temporal y riego se obtuvo mediante la estimación del producto de los rendimientos anuales de las fincas del estrato seis con la distribución porcentual de la producción de limón persa en temporal y riego para Tabasco. Se eligieron de referencia los rendimientos del E6 ya que es el estrato con un porcentaje mayor de exportación (cuadro 3). La distribución porcentual mensual se tomó de lo publicado por el SAGARPA-SIAP (2014).

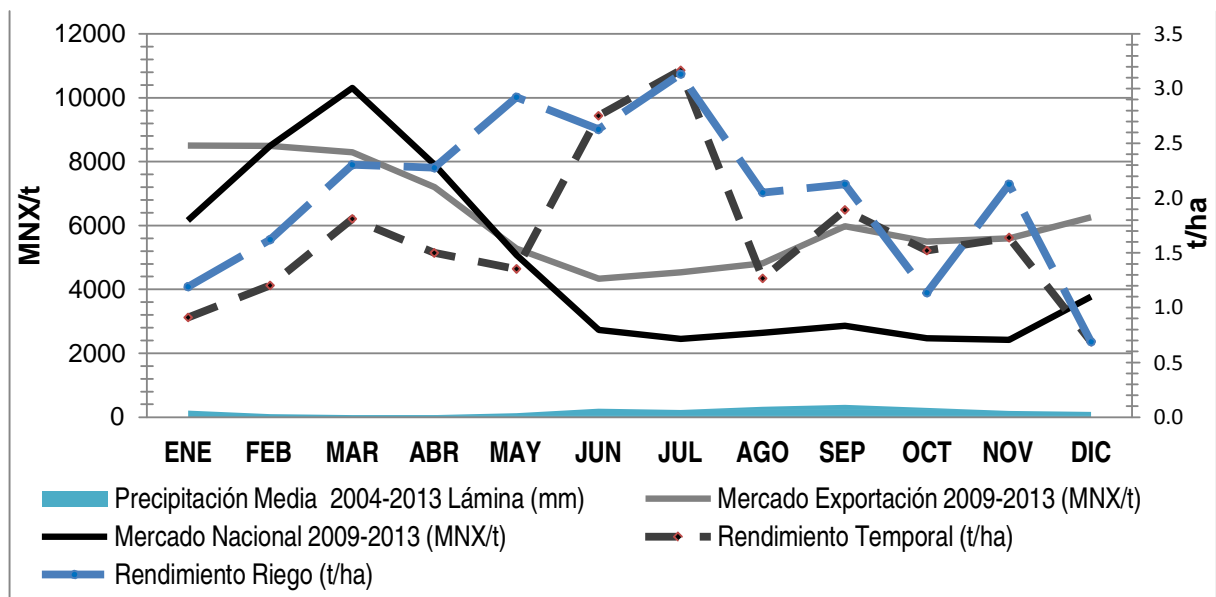


Figura 4. Relación rendimiento riego y temporal frente a los precios de mercados de exportación
 Fuente: Elaboración propia con datos de Encuestas (2014), CONAGUA-SMN (2014), Estadísticas-FAO (2012) y SAGARPA-SIAP (2014).

Los valores obtenidos de agua de riego suplementario en limón persa muestran una diferencia significativa de rentabilidad entre riego y temporal. Esto a pesar de ser una región con alta disponibilidad de recursos hídricos y de contar con precipitaciones anuales que solventan las necesidades hídricas de este cultivo. Esto puede indicar que existe un amortiguamiento del efecto de los cortos periodos de estiaje en la planta y del decremento en el rendimiento de los meses de enero a febrero y mayo a junio por atraso en el alcance del grado óptimo de venta. Esto también puede indicar que el riego suplementario es un factor de producción imprescindible en el limón persa, debido a que la aplicación de agua genera una mayor estabilidad en la distribución mensual de los rendimientos con respecto a las fincas de temporal. De esta manera se logra una mayor estabilidad de los ingresos durante el año, y a su vez, las fincas pueden acceder a

mercados de exportación que cuentan con mejores precios de venta de la fruta a lo largo del año. Autores como Agudelo y Hoekstra (2001), reportan valores para cítricos que oscilan de entre 0.5 y 4.8 USD/m³, Hussain et al. (2003), por medio del MVR estiman para el mismo cultivo un valor de 0.129 USD/m³. Berbel, Mesa-Jurado y Piston (2011) por el método del valor residual obtienen también para cítricos un valor de 0.46⁴ USD/m³. Los valores estimados en la presente investigación utilizando el método *Cambio en el Ingreso Neto* de 19.61 MNX/m³ y 15.11 MNX/m³ se encuentran en el rango de lo reportado anteriormente para regiones donde la disponibilidad de agua es escasa.

Conclusiones

En el limón persa la aplicación del riego estabiliza la distribución mensual de rendimientos y aumenta significativamente el rendimiento anual. Si bien ya existen estudios previos que plantean la necesidad de irrigar el cultivo de limón para cubrir sus necesidades hídricas, no se contaba con estudios que revelaran el valor económico del agua en este cultivo. En la investigación se obtuvo que una hectarea con riego en el estrato E5 puede llegar a obtener un excedente de hasta 40,000 MNX respecto a una hectarea en régimen de temporal y en el estrato E6 el incremento por hectarea de riego frente a temporal es de poco más de 30,000 MNX. Además, la calidad que se obtiene mediante el riego permite a las agroempresas cítricas posicionarse en los mercados internacionales y acceder así a mejores precios de venta.

Los resultados obtenidos en la investigación pudieran servir de referencia para la planeación de políticas de manejo y gestión del recurso hídrico en la región del sureste mexicano, que se caracteriza por tener la mayor disponibilidad de agua en el país.

Notas

1. Enfermedad causada el hongo (*Colletotrichum acutatum*). Si la floración se retrasa por falta de agua, al inicio de la temporada de lluvias el hongo prolifera e infecta hojas, flor y frutos pequeños provocando la disminución del 40 a 50 por ciento de la producción (Huerta-Palacios et al., 2009).
2. Las medias y las desviaciones estándar en riego y temporal fueron: \bar{X} = 138 y 128 ha; σ = 105 y 149 ha.
3. El tipo de cambio en 2013 de dólares a pesos mexicanos es USD 1.00 = MNX 12.77 (BANXICO, 2014).
4. El tipo de cambio en 2011 de 1.0 € = 1.3362 (11) USD (ECB, 2014).

Literatura citada

- Aceves, N. L., Juárez, L. F., Palma, L. D. J., López, L. R., Rivera, H. B., Rincón, R. J.A., Morales, C. R. y Hernández, A. R. (2009). Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del limón persa (*citrus latifoliada tan.*) en el estado de Tabasco. SEDAFOP. 38 págs. www.sedafop.gob.mx [Descargado: 20 de Enero de 2014]
- Agudelo, J.I. and Hoekstra, A.Y., 2001. *International Specialty Conference: Valuing water for agriculture: application to the Zambezi Basin Countries*. Netherlands.
- BANXICO (2014). *Mercado Cambiario*. [Página Web] Banco de México Disponible en: <<http://www.banxico.org.mx/tipcomb/tipCamIHAction.do>> [Consultado: 03 de septiembre de 2013].
- Bank, E.– E.C., 2014. *Statistical Data Warehouse*. [Página Web] Disponible en: <http://sdw.ecb.europa.eu/quickview.do?SERIES_KEY=120.EXR.A.USD.EUR.SP00.E> [Consultado: 22 de Septiembre de 2014].
- Berbel, J., Mesa-Jurado, M. A. and Piston, J. M., 2011. Value of Irrigation Water in Guadalquivir Basin (Spain) by Residual Value Method. *Water Resources Management*, 25 (6), pp. 1565–1579.
- Caamal-Cauich, I., Pat-Fernández, V.G., Jerónimo-Ascencio, F., Santoyo-Rodríguez, L.E. y Ramos-García, J.G., 2014. Análisis de los costos de producción del limón persa en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2(3), pp. 192-200.
- Cigales, M. y Pérez, O., 2011. Variabilidad de suelos y requerimiento hídrico del cultivo de banano en una localidad del Pacífico de México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 15(3), pp. 21-31.
- CONAGUA-SMN, 2014. *Análisis Climatológico*. [En línea] Comisión Nacional del Agua. Disponible en: http://smn.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=99&Itemid=66 [Consultado 30 de octubre de 2012].

- Estadísticas-FAO, 2012. *Frutos Cítricos, Frescos y Elaborados*. [En línea] Disponible en: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Citrus/Documents/CITRUS_BULLETIN_2012.pdf>.
- González, C. F., 2011. *Compilación bibliográfica del Limón Persa (Citrus latifolia)*. Químico Agrícola. Universidad Veracruzana.
- Huerta-Palacios, G., Holguín-Meléndez, F., Benítez-Camilo, F.A. y Toledo-Arreola, J., 2009. Epidemiología de la Antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc.] en Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo en el Soconusco, Chiapas, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 27(2), pp.93–105.
- Hussain, I., Sathivadivel, R., Amarasinghe, U., Mudasser, M., Molden, D., 2003. Land and water productivity of wheat in the western Indo-Gangetic Plains of India and Pakistan: a comparative analysis. Colombo, Sri Lanka: Research Report No.65, International Water Management Institute (IWMI).
- IICA, 2007. *Guía práctica para la exportación a EE.UU.* [En línea] Managua. Disponible en: <<http://www.bio-nica.info/biblioteca/iica2007limon.pdf>>.
- López-López, R., Ramírez-Jaramillo, G., Soria-Ruíz, J., Gongora-González, S., Pérez-Miranda, L.A., Díaz-Padilla, G. y Guajardo-Panes R., 2011. Producción de Limón Persa (*Citrus latifolia*) de temporal y riego en la sabana de Huimanguillo, Tabasco. XXIII Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria, Tabasco, pp. 256-262.
- SAGARPA-SIAP, 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo. [En línea] Disponible en: <<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>> [Consultado 06 de Mayo del 2014].
- SNIIM, 2014. *Economía-SNIIM*. [En línea] Anuarios Estadísticos de Mercados Nacionales, Frutas y Hortalizas. Disponible en: <<http://www.economia-sniim.gob.mx/Nuevo/>> [Consultado 12 de Julio de 2014].
- Vázquez-Valdivia, V., Pérez-Barraza, M.H. y Osuna-García, J.A., 2004. El riego y fertilización sobre el vigor y rendimiento del plátano (*Musa* sp.) "FHIA-01". *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(02), pp. 153-157.

Capítulo IV. Conclusiones

La presente investigación estimó el valor económico del agua de riego en regiones con alta disponibilidad de recursos como es la región tropical del sureste mexicano. Los datos obtenidos muestran que el agua suministrada mediante el riego, representa un aporte adicional para las UPAs en regiones donde la disponibilidad del recurso es abundante y la media anual de precipitaciones sobrepasa las necesidades hídricas de los cultivos de banano y limón persa. Esta aseveración la podemos realizar debido a que los valores obtenidos en la región de estudio se encuentran en la línea de datos reportados para regiones en situación de escasez. Aunado a la importancia agronómica, la inversión en riego representa un incremento importante a la rentabilidad de las fincas.

En el caso del banano el aumento en el margen de rentabilidad de las UPAs se encuentra en el rango del 34 al 37%. Mientras que para las fincas productoras de limón persa el aumento va desde el 40% para las que se encuentran en el estrato seis, hasta duplicar los ingresos netos en el caso de las fincas pertenecientes al estrato cinco. Además, las oportunidades de mercado aumentan en ambos cultivos ya que los frutos que se obtienen alcanzan los estándares de calidad que exigen los mercados de exportación y las empresas transnacionales que operan en México.

La información obtenida durante la investigación podría servir de apoyo a los tomadores de decisiones en cuanto al diseño de políticas públicas hídricas (asignación equitativa del recurso, incremento en la inversión de riego tecnificado, apoyo a productores ubicados en estratos inferiores, etc.) para la gestión adecuada del recurso. Existen diversos estudios que han reportado las necesidades hídricas de cultivos para regiones con abundancia del recurso, como la región nuestra investigación. Sin embargo, no

existen investigaciones que hayan generado el valor económico del agua en este tipo de regiones. La alta disparidad que existen entre la región norte, centro y sur de México en cuanto a la disponibilidad de agua para los distintos usos competitivos ha dificultado la gestión de los recursos hídricos. Los organismos gubernamentales (SAGARPA, CONAGUA) consideran que en una región con precipitaciones anuales que sobrepasan las necesidades hídricas de los cultivos (como el caso de Tabasco), no se requiere de apoyo para la instalación de riego tecnificado en las UPAs. Con nuestro estudio se evidencia de manera económica el valor que aporta el recurso a los agroempresarios. Por ello, los valores obtenidos podrían ser de utilidad para la planeación de programas de manejo y gestión hídrica que contemplen la particularidad de cada región, sin el decremento del uso sustentable del recurso. Los resultados de la investigación dan un primer acercamiento al valor del agua en regiones de abundante disponibilidad. Además, estas primeras estimaciones servirán de base para estudios posteriores sobre el valor económico del agua en este tipo de regiones, que podrán ser contratados con otras metodologías o enfoques.