



Estudios Sociales

46

Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en módulos de riego del distrito 063 de Sinaloa, México

Analysis of agricultural production and water management in irrigation module 063 of Mexico

*Victor Manuel Peinado Guevara**

*Héctor José Peinado Guevara**

*Samuel Campista León**

*Omar Delgado Rodríguez***

Fecha de recepción: febrero de 2014

Fecha de aceptación: septiembre de 2014

*Universidad Autónoma de Sinaloa

Dirección para correspondencia: v_peinado@hotmail.com

**Instituto Mexicano del Petróleo

Resumen / Abstract

Se realizó un análisis estadístico respecto a la gestión hídrica y la productividad agrícola desarrolladas en los módulos que comprende el Distrito de Riego 063 (DR 063) en los ciclos 2007-2012. Se calculó el beneficio neto por hectárea en los principales productos sembrados. Se encontró que los cultivos de maíz, garbanzo y frijol ofrecieron mejores márgenes de ganancias, pero con diferencias significativas en cuanto al consumo de agua. Respecto a la gestión del agua por módulo, los resultados muestran que no existen diferencias significativas en el suministro pero sí en su productividad. Basado en lo anterior, se propone replantear la programación hidroagrícola con apoyo a los análisis estadísticos y en épocas de escasez tener propuestas alternativas que representen una opción viable para el agricultor.

Palabras clave: beneficio neto, escasez hídrica, agricultura, economía del agua, sustentabilidad.

It was performed an statistical analysis about the water's management and agricultural productivity, developed in the irrigation module 063 in the cycles 2007 to 2012. The profit per hectare was calculated. It was found that corn, chickpea and beans offered profit margins but with important differences in the water consumption. Regarding to the water management per module, the results showed that there weren't significative differences in the water supply but in its productivity. Based on it, is proposed to reconsider the hydro agricultural programming in support to the statistical analysis and in times of scarcity, be able to have alternative proposals representing a viable choice for farmers.

Key words: net income, water shortage, agricultural, water economy, sustainability.

Introducción

En la actualidad, la comunidad internacional está convencida de que la problemática del agua dulce no tiene un mañana, puesto que, además de la escasez física del recurso, emergen nuevos problemas como el creciente deterioro de la calidad del agua y la imposibilidad de hacer frente a las enormes inversiones necesarias para aumentar la cantidad disponible y mejorar la calidad del recurso (Biswas, 1999). Estos factores pueden desencadenar una grave crisis en el suministro del agua en el contexto mundial, considerando que, además de su uso en el consumo humano, es indispensable para la producción de alimentos. Ahí, más del 60% de la producción agrícola mundial corresponde a una agricultura que depende exclusivamente del régimen de lluvias y, en condiciones de aridez extrema, el riego complementa la precipitación natural (Klohn y Appelgren, 1999). La agricultura mundial debe alimentar a una población que crece a un ritmo de 86, 581,000 habitantes al año (Population Reference Bureau, 2014).

México es la séptima nación con mayor superficie de riego en el mundo, por lo que consume 76.8% de su agua disponible en la irrigación de 6.5 millones de hectáreas, de las cuales 25% se abastece con 19.2 km³ de aguas subterráneas (PNH, 2008, Conagua, 2010). El caso de Sinaloa destaca que, desde hace cuatro décadas, practica la agricultura más tecnificada y moderna del país. Su alta productividad le permite participar en los mercados internacionales como exportador de productos frescos de origen hortofrutícola, lo que representan más del 65% de las exportaciones totales que realiza el estado, además de contribuir en el abasto de alimentos para la demanda nacional (García, 2010). Por todo esto, las necesidades hídricas del estado son elevadas.

Un factor que ha afectado al desarrollo agrícola en el país y, recientemente en el estado de Sinaloa, es el problema de la escasez del agua. Según los escenarios que se presentan en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND, 2013),

esta será cada vez más frecuente e impactará al sector agrícola, citando como ejemplo, la escasez hídrica presentadas en los últimos ciclos agrícolas en el DR 063 del estado de Sinaloa, donde los embalses registrados no han sido suficientes para garantizar la demanda en la región. No obstante, en informes proporcionados por la Conaguareferente a la producción agrícola por módulo de riego en el DR 063, se estima que el 50% de agua se desperdicia en la conducción y, entre los factores que inciden en su pérdida, se encuentran la evaporización y la infiltración, pero, sobre todo, el deterioro de la infraestructura hidráulica, la falta de modernización de las redes de conducción del agua y el mal manejo del recurso a nivel parcelario.

Los diferentes distritos de riego del país deben realizar estudios para estimar el valor económico del agua para riego de bombeo y gravedad y generar recomendaciones precisas que contribuyan a hacer un uso más eficiente del recurso en el sector agrícola. Ello debido a que estudios realizados en algunas zonas del país, como en la Comarca Lagunera, muestran que las cuotas pagadas por los productores agrícolas no reflejan el valor del recurso (Godínez *et al.*, 2007).

Ante tal situación, es importante realizar análisis continuos sobre los diferentes escenarios que se pudieran presentar en la gestión y administración del agua de uso agrícola, para ponderar económicamente el valor de esta. De esa forma, generar acciones sustentables entre los actores que intervienen en la gestión del agua y los usuarios, así como incentivar la inversión económica dirigida a una mayor tecnificación de la infraestructura hidroagrícola de los sistemas de riego parcelario.

Por tal motivo, en el presente trabajo se plantea determinar el beneficio neto para el DR 063 en función del tipo de cultivo y la lámina de agua requerida. Esto permitirá identificar los cultivos más redituables para los agricultores y su relación en cuanto a las necesidades hídricas. Eso es de gran utilidad al momento de planear los cultivos en los ciclos agrícolas considerando la capacidad de almacenamiento de agua; así mismo, se discute la eficiencia de cada uno de los módulos de riego en donde se identificaron las fortalezas y debilidades, lo que permite diseñar y optimizar los programas hidroagrícolas sustentables para el DR 063.

Descripción del área de estudio

Sinaloa es una de las entidades agrícolas más importantes del país; la agricultura se concentra en la llanura costera, donde las precipitaciones son insuficientes para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos. Debido a ello, la mayoría de las tierras cuenta con infraestructura para riego tales como: caña de azúcar,



maíz, frijol, papa, cártamo, soya, sin ignorar la importancia que representa la producción hortícola en el estado. Hacia el pie de la sierra, los terrenos sostienen agricultura de temporal, con la cual se produce, principalmente, sorgo, maíz, garbanzo, pastos, cártamo y mango, entre otros (INEGI, 2011). Hidrológicamente el estado se encuentra distribuido en 49 módulos de riego, organizados en ocho distritos que amparan una superficie otorgada de siembra de 753 mil 023 hectáreas, donde laboran 81, 409 productores, entre ejidatarios y pequeños propietarios (Conagua, 2010).

El DR 063 abarca una porción de los municipios de Guasave, Sinaloa de Leyva y El Fuerte del estado de Sinaloa, México (ver figura 1). Yace sobre un acuífero sedimentario costero constituido, principalmente, por gravas, arenas, limos y arcillas, productos de la erosión del flanco occidental de la Sierra Madre Occidental (Conagua, 2002).

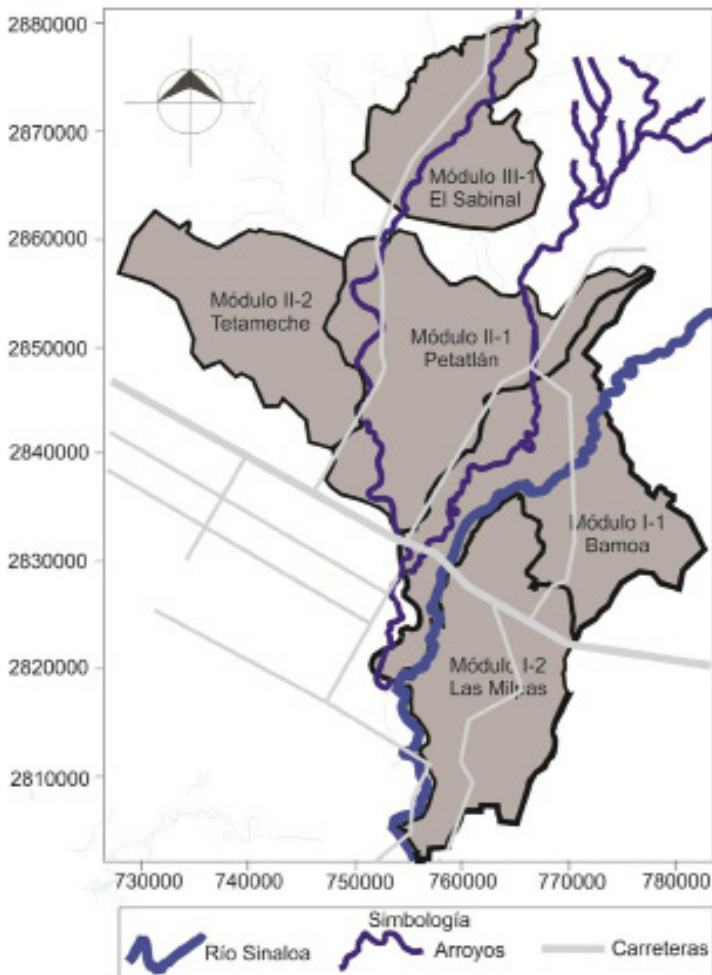
Figura 1. Contexto geográfico del DR 063



Fuente: elaboración propia con datos proporcionados por Conagua.

Los suelos son de origen aluvial cuaternario y su clima es seco y cálido, con una temperatura media anual de 25.4° C. La precipitación media anual en la estación Guasave es de 449.0 mm considerando el periodo 1986-2005 (INEGI, 2007). La principal actividad económica es la agricultura; su suministro de agua para esta actividad proviene de las presas Gustavo Díaz Ordaz y Guillermo Blake Aguilar. La superficie agrícola es de 112,688 hectáreas que beneficia a 15,676 usuarios. En la figura 2 se muestra la ubicación y geología presente en los cinco módulos del DR 063, la cual se obtuvo a partir de información de la carta geológica del estado de Sinaloa.

Figura 2. Mapa del DR 063, se muestran los polígonos de los módulos y principales afluentes que comprende el DR 063



Fuente: elaboración propia con datos de López, R. 1970.



El DR 063 está conformado por cinco módulos de riego (ver tabla 1); cuenta con dos fuentes de abastecimiento de agua superficial: el río Sinaloa y el arroyo Ocoroni. Las aguas del río Sinaloa son captadas en la presa Gustavo Díaz Ordaz, que abastece una superficie de 102,774 hectáreas de riego; mientras las del arroyo Ocoroni son captados en la presa Guillermo Blake Aguilar, que abastece una superficie de 9,914 hectáreas (Conagua, 2010). En el DR 063, la producción agrícola se centra principalmente en granos, entre los que destacan frijol, garbanzo, maíz, sorgo y trigo.

Tabla 1. Distribución superficial por módulo de riego en el DR 063

Módulo de riego	Superficie (ha)	Número de usuarios
I-1. Bamoa	30,514	3,933
I-2. Las Milpas	23,620	2,297
II-1. Petatlán	23,285	4,019
II-2. Tetameche	21,820	2,336
III-1. El Sabinal	9,914	1,863
URDERALES (Unidades de riego para el desarrollo rural)	3,535	1,228

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del DR 063 de la Conagua.

Materiales y métodos

Cálculo del *Beneficio Neto* del distrito

El Beneficio Neto es un parámetro útil para realizar una valoración real del beneficio económico que representa la disponibilidad del recurso hídrico destinado a un cultivo específico en cada módulo perteneciente a un distrito de riego (Young, 1996). El parámetro toma en cuenta el precio medio del cultivo, la cantidad producida por hectárea y el costo de dicha producción en un año. El Beneficio Neto para cada cultivo es calculado para el año t según la expresión (Rubiños *et al.*, 2007):

$$BN_{it} = \sum (P_{it} Q_{it} - C_{it} ha^{-1}) S_{it} \quad (1)$$

Donde: BN_{it} es el beneficio neto del cultivo i en el año t ; P_{it} es el precio medio rural del cultivo i en el año t por tonelada; Q_{it} es la cantidad de toneladas producidas por hectárea del cultivo i en el año t ; $C_{it} ha^{-1}$ es el costo por hectárea del cultivo i en el año t ; y S_{it} son las hectáreas cosechada del cultivo i en el año t .



Con el propósito de calcular BN_{it} , se analizaron las programaciones hídricas en función de los cultivos emprendidos en cada uno de los módulos de riego que comprenden el DR 063, en los ciclos 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010 y 2011-2012. Es importante mencionar que para efectos de la presente investigación se omite el ciclo agrícola 2010-2011, porque, a raíz de las heladas atípicas que se presentaron en febrero del 2011, la producción local sufrió serios daños; se perdió más del 90% de la superficie sembrada.

A partir de la información proporcionada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), Comisión Nacional del Agua (Conagua) y la Asociación de Agricultores Río Sinaloa Poniente (AARSP) se analizaron los principales granos que se siembran en la región como son maíz, sorgo, frijol, trigo y garbanzo. En su conjunto, representan más del 90% de la producción del distrito en cada uno de los ciclos agrícolas estudiados; además, se consideraron los volúmenes de agua destinados para los diferentes cultivos y las superficies totales sembradas. Paralelamente se realizó una estimación de los costos de producción para los productos estudiados, utilizando la información obtenida en entrevista con personal operativo de la AARSP y de los resultados procesados en el Campo Experimental "Miguel Leyson Pérez" en los cuatro ciclos agrícolas mencionados. A la Confederación de Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa (CAADES), con sede en Guasave, se le solicitaron los precios medios del mercado, así como también, los rendimientos medios obtenidos en la zona de estudio y la producción total registrada.

Posteriormente, se realizó un análisis comparativo de los datos obtenidos de los cuatro ciclos agrícolas, con la programación agrícola de cada uno de los módulos y los requerimientos de agua para los diferentes cultivos. Con ello fue posible evaluar la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos hídricos con la producción obtenida. Ya con los resultados, se realizaron estudios estadísticos descriptivos con análisis *post-hoc* SNK a los rendimientos de los cultivos sembrados, así como también a la demanda de agua por cultivo y por módulo de riego que componen al distrito.

Resultados

En la tabla 2, se detalla el comportamiento de la producción agrícola en los ciclos agrícolas 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010 y 2011-2012. En ella se observa el efecto de la sequía para el ciclo 2011-2012, originando reconversión de cultivos que requieren de menores cantidades de agua como lo son el cártamo y



garbanzo, donde la superficie sembrada para estos productos se elevó en 19.39% y 28.98%, respectivamente. Por otra parte, la producción de maíz bajó 39.24% con respecto al ciclo 2009-2010.

Tabla 2. Distribución agrícola del porcentaje de la superficie sembrada en los ciclos 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010 y 2011-2012 en el DR 063

Producto	Ciclos agrícolas			
	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2011-2012
Calabaza	0.27%	0.32%	0%	0.17%
Cártamo	0.03%	0.17%	0.10%	19.49%
Cebolla	0.01%	0.02%	0%	0.07%
Chile	0.61%	0.25%	0%	0.21%
Ejote	0.31%	0%	0%	0.83%
Frijol	13.05%	10.96%	20.64%	9.92%
Garbanzo	12.35%	10.06%	7.96%	36.94%
Hortalizas	0%	0.88%	2.04%	0.00%
Jitomate	3.56%	2.10%	1.35%	0.92%
Maíz	65.90%	70.31%	65.23%	24.99%
Papa	1.46%	1.19%	0%	1.68%
Pepino	0.14%	0.19%	0.00%	0.15%
Sorgo	0.18%	0.15%	0.14%	2.97%
Trigo	2.09%	2.39%	2.53%	0.30%
Varios	0.06%	1%	0%	1.36%
Superficie sembrada	103,205 ha	107,372 ha	108,252 ha	102,686 ha

Fuente: elaboración propia con datos de la Conagua de los años 2007, 2008, 2009 y 2011.

Otro aspecto a considerar para el ciclo agrícola 2011-2012, además de los cambios observados en la programación agrícola condicionados ala siembra de cultivos que requieren bajos volúmenes de agua, es que solamente se programó sembrar el 82% de la superficie total que comprende el distrito y con volúmenes de agua inferiores a otros ciclos agrícolas (ver tabla 3). La superficie programada del maíz representó el 24.99%, mientras que en los demás ciclos estudiados representaron entre el 65% y 70% de la superficie total. En el caso del garbanzo, lasuperficie programada se elevó a36.94% cuando lo máximo que se había programado era 12.35% en el ciclo agrícola 2008-2009. Así mismo se observan otros productos que se están programando con alta incidencia como es el caso del

Tabla 3. Programación agrícola para el ciclo 2011–2012

Módulos del distrito de riego 063										
Producto	Bamoa		Milpas		Petatlán		Tetameche		El Sabinal	
	Superficie (ha)	Lámina de agua (cm)	Superficie (ha)	Lámina de agua (cm)	Superficie (ha)	Lámina de agua (cm)	Superficie (ha)	Lámina de agua (cm)	Superficie (ha)	Lámina de agua (cm)
Algodón	-	-	-	-	-	-	200	76.32	-	-
Calabaza	-	-	-	-	-	-	58	89.47	-	-
Cártamo	1500	40	-	-	3494	45.33	5485	26.32	4394	60
Chile	50	133.33	-	-	-	-	16	109.21	11	110.67
Ejote	-	-	-	-	-	-	175	86.84	-	-
Frijol	1500	53.33	5000	41.25	4570	62.67	1279	65.79	545	90.67
Garbanzo	19896	37.33	7500	26.25	3264	44.67	12645	26.32	320	57.33
Jitomate	700	113.33	500	66.25	100	110.67	253	103.95	32	117.33
Maíz	1100	105.33	6000	92.5	6080	100	1116	92.11	150	110.67
Papa	-	-	1100	80	-	-	20	106.58	-	-
Sorgo	-	-	-	-	1700	61.33	-	-	100	90.67
Tomate (Cascara)	14	111.94	-	-	-	-	75	89.47	-	-
Trigo	-	-	90	68.75	250	85.33	377	92.11	-	-
Otros	349	86.67	-	-	-	-	100	76.32	138	124.29
TOTAL	25109	-	20190	-	19458	-	21799	-	5690	-

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del DR 063 de la Conagua.

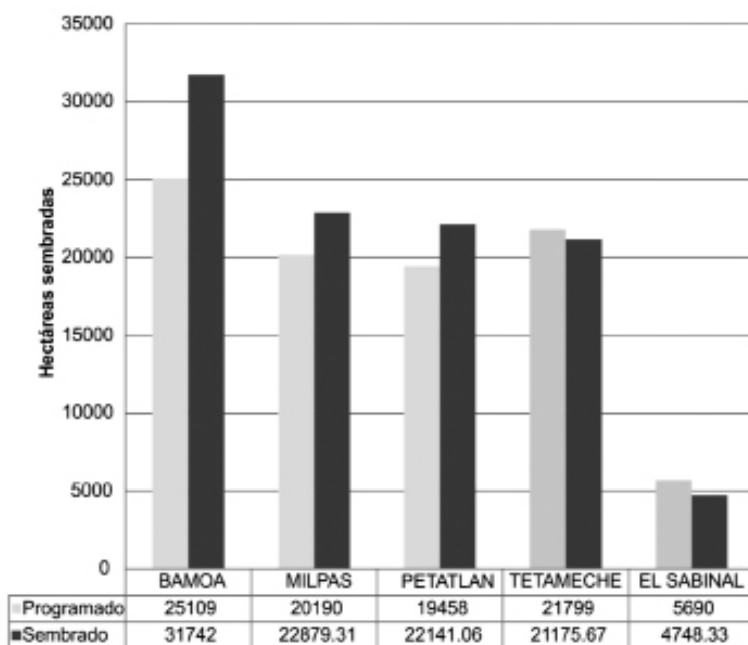


cártamo cuya superficie programada asciende a las 14,873 hectáreas, contrario a la nula incidencia en los ciclos anteriores cuyo porcentaje de producción fueron menores al 1%. Tales variaciones respecto a las superficies programadas por cada producto representan un cambio radical a la cultura productiva de la región.

Se debe señalar que la programación agrícola se hace en función de la disponibilidad del agua autorizada, calidad del agua, clima, suelos, cultivos autorizados y expectativas del mercado. En los periodos de escasez, la asignación de agua se restringe a cultivos de baja demanda hídrica, siembras parciales de la superficie en cultivos de alta demanda, y la dotación regulada a usuarios con sistemas de riego presurizado.

A pesar de las limitaciones del recurso agua para la siembra en el ciclo 2011-2012, los módulos Bamoa, Milpas y Petatlán sembraron más de lo programado en un orden del 26.42%, 13.32% y 13.79%, respectivamente, por lo que se incrementó la extracción de agua subterránea a través de pozos de bombeo en el valle. En otros lugares, el abasto del recurso agua fue extraído del cauce del Río Sinaloa y en drenes agrícolas. En la figura 3 se aprecia los cambios registrados para cada módulo de riego en cuanto a lo programado con lo sembrado.

Figura 3. Comparativo entre lo programado con lo sembrado para el ciclo agrícola 2011-2012 en los módulos de riego del DR 063 de la Conagua



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en Conagua.

En la tabla 4, se analizan las superficies sembradas, costos de producción, los rendimientos por hectáreas, precios de mercado y beneficio neto por hectárea de los principales granos que se sembraron en los ciclos 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010 y 2011-2012. Se observa, en primer lugar, que la cultura de la producción en la región se enfoca, primordialmente, en el cultivo del maíz, donde la superficie sembrada oscila entre las 60,000 y 71,000 hectáreas, salvo la situación de escasez presentada en el ciclo 2011-2012. En esta, la superficie sembrada para ese producto fue menos de 26,000 hectáreas. Es factible observar que en los últimos ciclos agrícolas los rendimientos obtenidos en el maíz han sido más constantes y favorecidos por los precios de mercado. Como una alternativa redituable económicamente para los productores está la producción de frijol y el garbanzo que, en épocas de escasez hídrica, representan la mejor opción por la baja demanda de agua.

Se observa que el sorgo y el trigo son de los productos menos rentables, inclusive, para los ciclos agrícolas 2008-2009 y 2009-2010 donde se presentaron pérdidas influenciadas por una combinación de bajos precios de mercado y pobres rendimientos.

Tabla 4: Comportamiento de la producción agrícola en los ciclos 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010 y 2011-2012

Producto	Concepto	Ciclo agrícola			
		2007-2008	2008-2009	2009-2010	2011-2012
Maíz	Precio (\$)	2,810.00	2,650.00	2,300.19	4,200.00
	Rendimiento (t/ha-1)	10.10	9.63	9.80	8.91
	Costo de producción (\$ ha-1)	12,671.00	13,623.00	19,024.00	22,115.00
	Superficie sembrada (ha)	60,320.28	71,039.27	68,336.14	25,657.35
	Beneficio Neto (\$ ha-1)	15,710.00	11,896.50	3,517.86	15,307.00
Sorgo	Precio (\$)	2,500.00	2,200.00	2,000.00	3,800.00
	Rendimiento (t/ha-1)	8.28	4.80	5.30	4.83
	Costo de producción (\$)	11,367.00	12,074.00	14,346.00	16,595.00
	Superficie sembrada (ha)	173.62	340.00	177.50	3,048.23
	Beneficio Neto (\$ ha-1)	9,333.00	-1,514.00	-3,746.00	1,759.00
Trigo	Precio (\$)	3,000.00	3,000.00	2,700.00	3,800.00
	Rendimiento (t/ha-1)	4.29	2.35	2.97	4.19
	Costo de producción (\$)	10,164.00	10,690.00	13,011.00	15,530.00
	Superficie sembrada (ha)	1,997.85	7,849.76	4,977.10	304.18
	Beneficio Neto (\$ha-1)	2,706.00	-3,640.00	-4,992.00	392.00

Frijol	Precio (\$)	11,000.00	16,200.00	12,000.00	19,000.00
	Rendimiento (t/ha-1)	1.73	1.60	1.44	1.86
	Costo de producción (\$)	11,107.00	11,995.00	15,301.00	15,855.00
	Superficie sembrada (ha)	11,833.70	14,233.41	22,269.01	10,186.48
	Beneficio Neto (\$ha-1)	7,923.00	13,925.00	1,979.00	19,485.00
Garbanzo	Precio (\$)	6,100.00	8,000.00	10,000.00	12,000.00
	Rendimiento (t/ha-1)	2.20	2.90	2.20	2.07
	Costo de producción (\$)	9,212.00	9,641.00	11,975.00	12,560.00
	Superficie sembrada (ha)	11,211.00	11,156.63	8,420.67	37,930.89
	Beneficio Neto (\$ha-1)	4,208.00	13,559.00	10,025.00	12,280.00

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Conagua, Sagarpa y AARSP de los años 2008, 2009, 2010 y 2012.

En la tabla 5 se puede observar el análisis estadístico descriptivo del rendimiento de cinco cultivos comunes en los módulos del DR 063. Se pueden clasificar en cuanto al rendimiento de los cultivos a tres subgrupos. Los cultivos similares con base en el análisis Student-Newman-Keuls (Begun y Gabriel, 1981), indican que el maíz (c), es el cultivo en términos de variabilidad diferente al resto, en tanto que trigo y sorgo (b) conforman un subgrupo y frijol y garbanzo otro (a).

Tabla 5. Estadísticos descriptivos del rendimiento de cultivos y análisis de varianza para los promedios de rendimiento de cultivos para el ciclo agrícola 2011-2012

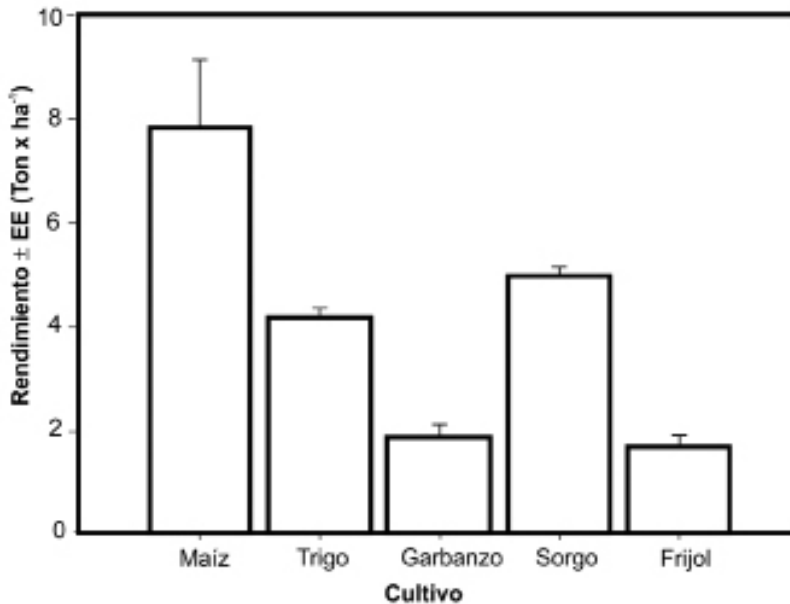
Estadísticos descriptivos del rendimiento de cultivos				
Los subíndices señalan similitud con base en un análisis <i>post-hoc</i> SNK*				
Cultivo	Media \pm ES (ton x ha ⁻¹)	Desviación <i>Standard</i> (t/ha ⁻¹)	Mínimo (t/ha ⁻¹)	Máximo (t/ha ⁻¹)
Maíz ^c	7.84 \pm 1.28	2.879	3.0	10.40
Trigo ^b	4.20 \pm 0.18	0.365	3.8	4.60
Garbanzo ^a	1.90 \pm 0.25	0.568	1.0	2.52
Sorgo ^b	4.97 \pm 0.21	0.418	4.5	5.47
Frijol ^a	1.71 \pm 0.23	0.524	1.1	2.24
Total	4.08 \pm 0.56	2.717	1.0	10.40

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en CAADER Guasave de Sagarpa. SNK: Student-Newman-Keuls.

Es importante señalar que el maíz es el cultivo que presenta un mejor rendimiento de los cultivos analizados con un promedio de 7.84 \pm 1.28 t/ha, sin em-

bargo, también presenta la variabilidad más alta, señalando que existen marcadas diferencias de sus promedios entre los módulos que conforman el distrito (ver figura 4). El frijol, por otra parte, es el cultivo que presenta un rendimiento inferior a los otros cultivos con un promedio de 1.71 ± 0.23 t/a, mientras que el trigo es el cultivo que presenta un rendimiento de 4.20 ± 0.18 t/ha haciendo referencia a la variabilidad de su promedio (presenta el segundo promedio más alto y el menor valor de dispersión 0.365). Las diferencias en el rendimiento de los cultivos son significativas en términos estadísticos [$F(4, 18) = 15.538$, $P = 0.0001$].

Figura 4. Rendimiento en el DR 063 para el ciclo escolar 2011-2012



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en CAADER Guasave de Sagarpa.

Con respecto del consumo de agua, en la tabla 6 se aprecia que el maíz es el cultivo que requirió una lámina 110.12 ± 3.61 cm de consumo de agua cantidad superior al resto de los cultivos, 2.86 veces más alto que el garbanzo; es este último el de menor consumo. Las variabilidades más altas en el consumo de agua se presentan en los cultivos del sorgo y frijol.

En términos de similitud con base en su variabilidad en el consumo de agua, el garbanzo conforma un grupo único (a), sorgo y trigo conforman un subgrupo (bc) que contiene en un extremo al frijol (b) y en el otro al maíz (c). Estos valores coinciden con la baja en la superficie sembrada de maíz, toda vez que la disponibilidad del recurso hídrico en la presa era limitada para el ciclo 2011-2012,



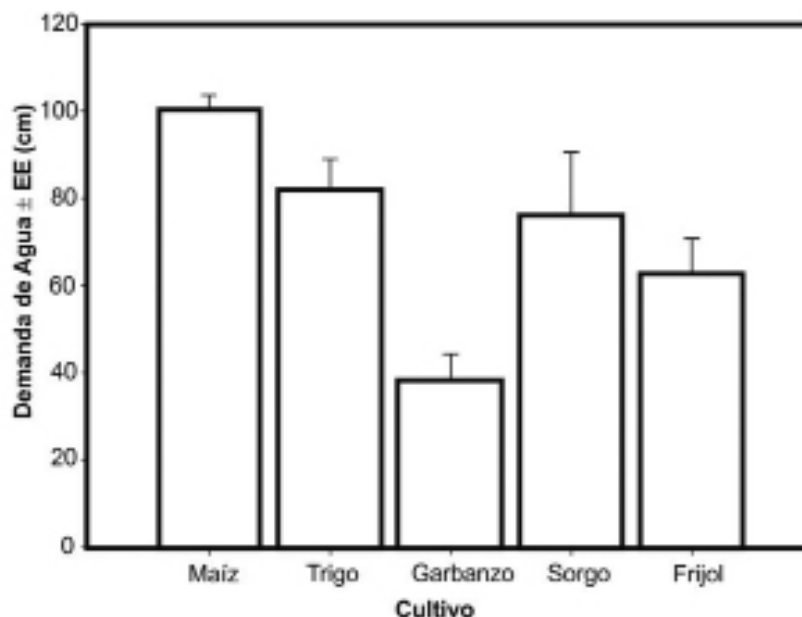
Tabla 6. Estadísticos descriptivos de consumo de agua y análisis de varianza para los promedios de consumo de agua

Estadísticos descriptivos de la demanda de agua				
Los subíndices señalan similitud con base en un análisis <i>post-hoc</i> SNK				
Cultivo	Media \pm ES (cm)	Desviación Standard (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)
Maíz ^c	110.12 \pm 3.61	8.072	92.11	110.67
Trigo ^{bc}	82.06 \pm 6.93	12.017	68.75	92.11
Garbanzo ^a	38.38 \pm 5.88	13.156	26.25	57.33
Sorgo ^{bc}	76.00 \pm 14.67	20.746	61.33	90.67
Frijol ^b	62.74 \pm 8.18	18.301	41.25	90.67
Total	70.22 \pm 5.92	26.476	26.25	110.67

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del DR 063 de la Conagua.

por lo que se consideraron opciones viables dentro de las cuales el garbanzo fue la mejor alternativa en cuanto al consumo de agua (ver figura 5). Las diferencias en el consumo de agua de los cultivos son significativos en términos estadísticos [$F(4, 15) = 12.832$, $P = 0.0001$].

Figura 5. Demanda de agua para distintos cultivos durante el ciclo agrícola 2011-2012 del DR 063 de la Conagua



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en Conagua.



Dentro del análisis estadístico se consideró el rendimiento en los cultivos en los cinco módulos de riego para el análisis de la capacidad productiva. Se puede observar en la tabla 7, que el módulo Tetameche es el que tiene notablemente un rendimiento mayor de sus diferentes productos. Sin embargo, también es el sitio con mayor variabilidad en su rendimiento. Los módulos Bamoa, las Milpas y Petatlán poseen rendimientos similares, así como sus variaciones, mientras que, el módulo El Sabinal presenta el menor rendimiento de manera más estable.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos del rendimiento de cultivos y análisis de varianza para los promedios del rendimiento de cultivos por sitios

Estadísticos descriptivos del rendimiento de cultivos por sitios				
Módulo	Media \pm ES (t/ha ⁻¹)	Desviación <i>Standard</i> (t/ ha ⁻¹)	Mínimo (t/ha ⁻¹)	Máximo (t/ha ⁻¹)
Bamoa	3.97 \pm 1.55	3.108	1.10	7.82
Las Milpas	4.60 \pm 1.34	3.004	2.10	9.50
Petatlán	4.13 \pm 1.20	2.695	1.90	8.50
El Sabinal	2.30 \pm 0.72	1.446	1.00	4.00
Tetameche	5.04 \pm 1.47	3.290	2.24	10.40
Total	4.08 \pm 0.56	2.717	1.00	10.40

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del DR 063 de la Conagua.

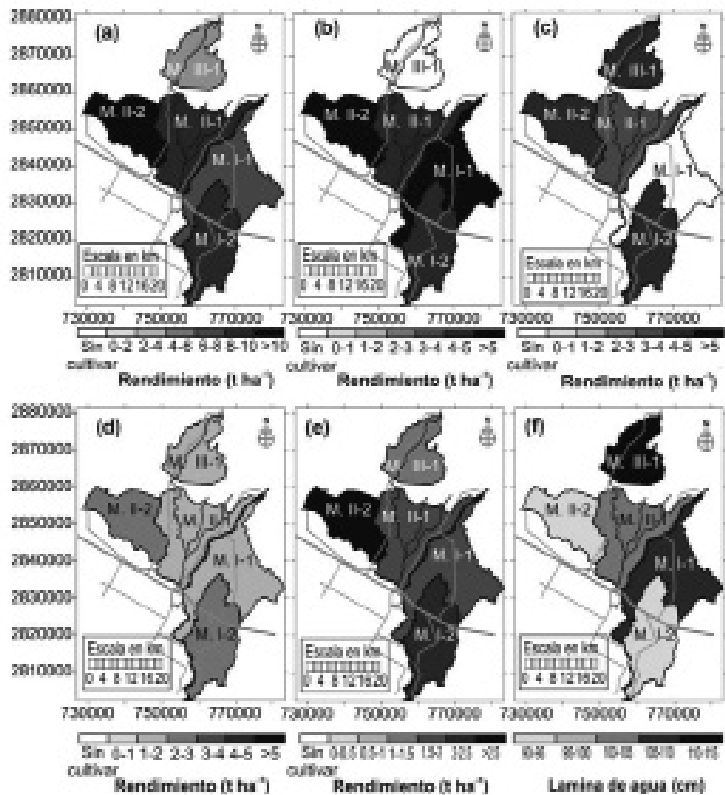
En la figura 6 se pueden apreciar los rendimientos de los diferentes cultivos y el consumo de agua para el cultivo de maíz en el ciclo agrícola 2011-2012, se muestra que el consumo de agua es mayor en el módulo El Sabinal, donde se present el más bajo rendimiento de este cultivo. No obstante, las diferencias de rendimiento de los cultivos en los módulos del DR 063 resultan no significativas en términos estadísticos [$F(4, 18) = 0.587$, $P = 0.676$].

La tabla 8 expone la información estadística detallada sobre el consumo de agua en cada módulo, confirmando que el mayor gasto promedio de agua ocurre en el módulo El Sabinal, mientras que la mayor variabilidad ocurre en Bamoa. Las diferencias entre sitios con respecto del consumo de agua resultan estadísticamente no significativas [$F(4,15) = 0.635$, $P = 0.645$].

No obstante a que, en el cuadro anterior, no se encontraron diferencias significativas respecto al consumo del agua por sitios, en la tabla 9 se observa el beneficio neto obtenido por volumen de agua concesionada, tomando en consideración el tipo de cultivo, el rendimiento obtenido por cada módulo de riego y la utilidad obtenida por hectárea. Se encontró que, el módulo el Sabinal, es el que



Figura 6. Rendimientos agrícolas y demanda de agua en los diferentes módulos del DR 063 para el ciclo 2011-2012. (a) Rendimiento de maíz, (b) Rendimiento de sorgo, (c) Rendimiento de trigo, (d) Rendimiento de frijol, (e) Rendimiento de garbanzo y (f) Demanda de agua para maíz



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de DR 063 de la Conagua.

Tabla 8. Estadísticos descriptivos del consumo de agua por sitios

Estadísticos descriptivos del consumo de agua por sitios				
	Media ± ES (cm)	Desviación Standard (cm)	Mínimo (cm)	Máximo (cm)
Bamoa	65.33 ± 20.52	35.552	37.33	105.33
Las Milpas	57.18 ± 14.69	29.392	26.25	92.50
Petatlán	70.80 ± 9.75	21.807	44.67	100.00
El Sabinal	87.33 ± 11.05	22.113	57.33	110.67
Tetameche	69.08 ± 15.54	31.091	26.32	92.11
Total	70.22 ± 5.92	26.476	26.25	110.67

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del DR 063 de la Conagua.

Tabla 9. Beneficio neto por volumen de agua para el maíz, frijol y garbanzo, en los diferentes módulos de riego del DR063 en ciclo agrícola 2011-2012

Cultivo	Módulo de Riego del DR 063	Superficie (ha)	Rendimiento (t/ha ⁻¹)	Valor Cosecha (miles \$)	Beneficio Neto (BN) \$ ha ⁻¹	Volumen de agua utilizada (Vau) m ³ ha ⁻¹	BN Vau ⁻¹ \$ m ⁻³
Maíz	I-1. Bamoa	3,755.00	7.82	123,329.22	10729	10533	1.019
	I-2. Las Milpas	7,996.09	9.50	319,043.99	17785	9250	1.923
	II-1. Petatlán	10,686.43	8.50	381,503.77	13585	10000	1.359
	III-1. El Sabinal	150.97	3.00	1,902.22	-9515	11067	-0.860
	II-2. Tetameche	3,068.86	10.40	134,047.80	21565	9211	2.341
	Promedio	25,657.35	8.91	959,827.00	15307	9756.17	1.568
Frijol	I-1. Bamoa	1,813.00	1.10	37,891.70	5045	5333	0.946
	I-2. Las Milpas	4,028.34	2.10	160,730.77	24045	4125	5.829
	II-1. Petatlán	2,401.00	1.90	86,676.10	20245	6267	3.230
	III-1. El Sabinal	398.23	1.20	9,079.64	6945	9067	0.766
	II-2. Tetameche	1,545.91	2.24	65,793.93	26705	6579	4.059
	Promedio	10,186.48	1.86	360,172.14	19485	5410.50	3.601
Garbanzo	I-1. Bamoa	19,409.00	1.83	426,221.64	9400	3733	2.518
	I-2. Las Milpas	6,138.31	2.20	162,043.73	13840	2625	5.272
	II-1. Petatlán	1,924.91	1.95	45,042.66	10840	4467	2.427
	III-1. El Sabinal	424.97	1.00	5,099.64	-560	5733	-0.098
	II-2. Tetameche	10,034.00	2.52	303,428.16	17680	2632	6.717
	Promedio	37,931.19	2.07	941,835.83	12280	3322.10	3.696

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del DR 063 de la Conagua.



menos beneficio económico obtiene por cada m^3 de agua, contrario a lo observado en el módulo Tetameche y el Milpas, quienes con menos recursos hídricos, obtienen rendimientos más elevados, por lo que el beneficio económico por m^3 es más alto. Tomando en consideración al tipo de cultivo para el ciclo agrícola 2011-2012, el frijol y garbanzo ofrecieron un beneficio económico más alto por volumen de agua, lo que representa una opción viable para los periodos en donde los volúmenes de agua no son lo suficiente para atender las necesidades hídricas en cultivos de alta demanda de agua, como es el caso del maíz.

Discusión

El tema de la reconvención productiva para el DR 063, adquiere cada vez mayor relevancia puesto que, en cada ciclo agrícola se encuentran escenarios donde las disponibilidades del recurso hídrico no satisfacen las necesidades del sector agrícola. Tomando como referencia los escenarios que se presentaron en el periodo 2011-2012, donde el agua disponible en los embalses de las presas del distrito no cubría las demandas de los agricultores, tal y como se expresa en la tabla 2, se dieron cambios significativos en la programación agrícola. Ahí resaltan incrementos en la superficie a sembrar en productos pocos habituales en la zona de estudio. Estos contextos requieren de estudios técnicos y financieros para determinar las mejores opciones para el agricultor, que represente un mayor beneficio económico por volumen de agua asignada.

Se estudiaron las variaciones espacial y temporal de la producción agrícola en los módulos del DR 063 mediante el análisis del volumen de agua utilizada, principales cultivos, rendimientos promedios, costos de producción y beneficio neto. Se observó que los módulos de riego de este distrito están aprovechando de diferente manera los recursos disponibles; el más eficiente es el Tetameche y el menos eficiente el Sabinal.

De los principales cultivos analizados (maíz, trigo, frijol, garbanzo y sorgo), el maíz es el cultivo que requirió más agua con una lámina 110.12 ± 3.61 cm de consumo de agua cantidad superior al resto de los cultivos, 2.86 veces más alto que el garbanzo, el cual a su vez es el de menor consumo.

Las diferencias en el consumo de agua de los cultivos son significativos en términos estadísticos [$F(4, 15) = 12.832$, $P = 0.0001$], por tal razón ante posibles episodios de escasez hídrica, se debe tener mucho cuidado para programar cultivos de alta demanda como el maíz. Es importante que cada módulo de riego conozca la eficiencia de los cultivos y seleccionar el que más beneficio neto brin-



de, toda vez que el módulo el Sabinal, es el que menos beneficio económico obtiene por cada m^3 de agua, contrario a lo observado en el módulo Tetameche y el Milpas, quienes con menos recursos hídricos, obtienen rendimientos más elevados, por lo que el beneficio económico por m^3 es más alto.

En términos relativos a la producción lograda por volumen de agua en el DR 063 para el ciclo agrícola 2011-2012, se encontró que, para lograr 1 kg de maíz se requirió de 1.09 m^3 de agua; para obtener 1 kg de frijol, el volumen de agua fue de 2.90 m^3 ; para el garbanzo, 1 kg de producto demanda 1.60 m^3 de agua; referente al trigo y al sorgo 1kg de producto, demandó 1.95 m^3 y 1.57 m^3 respectivamente. Información que pudiera ser referente para la planeación hidroagrícola, considerando que unos de los principales retos de la política pública se sustenta en garantizar el abasto de alimentos para la población.

Conclusiones

La situación de escasez hídrica que se ha presentado en los últimos años en el DR 063 ha condicionado un cambio en la producción local hacia cultivos que demandan bajas cantidades de agua y, por consiguiente, en la planeación agrícola, lo que ha afectado la producción de maíz. Esta última es la que marcaba la cultura productiva de la región.

De acuerdo con información estadística proporcionada por Conagua (2011) para los distritos de riego del estado de Sinaloa, ubica al DR 063, en el lugar número seis de ocho distritos, en cuanto a los ingresos obtenidos por m^3 de agua. Sobresale el DR 111, con 7.49 pesos contra los 2.34 pesos, que se logra en el distrito en estudio. Referente a los resultados obtenidos en el ciclo 2011-2012, para los productos que fueron objeto de estudio, se logró un ingreso de 3.69 pesos por m^3 .

Es necesaria una mayor participación del Estado al momento de proyectar la producción agrícola, que respete los lineamientos para la programación, misma que está en función de la disponibilidad del agua, calidad, clima, suelos, cultivos autorizados y expectativas del mercado.

La productividad, en términos del consumo de agua en los módulos, permite estimar su valor económico en el distrito, que es representativo para todos los módulos y permite tener una referencia para potencializar la capacidad productiva y los riesgos económicos que se pueden desencadenar por hacer un mal manejo del recurso. Es importante contar con información de estadísticas de la producción de los módulos y el distrito de riego que incluyan costos de producción, rendimientos obtenidos, beneficio neto y requerimientos de agua; así co-

mo también se debe validar esta información para emplearla como expectativas para la programación agrícola, sobre todo en épocas de escasez, para definir los cultivos que más convengan a los agricultores.

Es necesario dar más información a los directivos y los usuarios de los módulos de riego, sobre la necesidad de valorar económicamente el agua de riego, como un incentivo para lograr el manejo sostenible del recurso y maximizar el rendimiento del agua a través de tecnologías en los sistemas de riego.

Agradecimientos

A la Comisión Nacional del Agua, Sagarpa y AARSP por las facilidades prestadas y por la información proporcionada. A la Escuela de Ciencias Económicas y Administrativas (ECEA) por su apoyo para realizar la presente investigación.

Bibliografía

- Begun, J. M. y R. K. Gabriel (1981) "Closure of the Newman-Keuls Multiple Comparisons Procedure". *Journal of the American Statistical Association*. 76: 241-245.
- Biswas, A. (1999) "Water crisis: Current perceptions and futures realities" *Salman ed. Groundwater: Legal and Policy Perspectives*. World Bank Technical Paper 456:1-29.
- Comisión Nacional del Agua (2002) *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Río Sinaloa, estado de Sinaloa*. México, abril 30. 36 p.
- Comisión Nacional del Agua (2010) *Estadísticas del Agua en México*. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 249 p.
- Comisión Nacional del Agua (2011) *Estadísticas del agua en México 2011*. México, Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), 181 p.
- Federal, P. E. (2013) *Plan nacional de desarrollo 2013-2018*. México. En: <<http://pnd.gob.mx/#>> [Recuperado 6 de enero 2015]
- García, O. (2010) *Apertura económica, el TLCAN y la expansión del sector agrícola de hortalizas en el estado de Sinaloa*. Tesis de maestría en Economía Aplicada, El Colegio de la Frontera Norte, México. 66 p.
- Godínez, M. et al. (2007) *Valor económico del agua en el sector agrícola de la Comarca Lagunera*. *TERRA Latinoamericana*. Universidad Autónoma Chapingo, 25 (1): 51-59.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2007) *Cuaderno estadístico municipal, Guasave, Sinaloa. Aguascalientes*. México, edición 2006, 225 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2011) *Mapa de agricultura y vegetación*. México. En: <<http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/sin/agri.cfm?c=444&c=04>> [Accesado el día 25 de julio de 2011]

- Klohn, W. y B. Appelgren (1999) "Agua y agricultura" *Revista CIDOB d'AFERS Internacionals*. 45-46: 105-126.
- López, R. (1970) *Carta geológica del estado de Sinaloa*. México, UNAM, Instituto de Geología y Gobierno del Estado de Sinaloa, escala 1:500,000.
- PNH(2008) *Programa nacional hídrico 2007-2012*. México, Comisión Nacional del Agua, 2008, 158 p.
- Population Reference Bureau (2014) "World population data sheet". Washington, D. C. EE.UU. En: <<http://www.prb.org/publications/datasheets/2014/2014-world-population-data-sheet.aspx>> [Accesado el día 28 de enero de 2015]
- Rubiños, P. *et al.* (2007) "Valor económico del agua y análisis de las transmisiones de derechos de agua en distritos de riego de México". *TERRA Latinoamericana* 25 (1): 43-49.
- Young, R. (1996) "Measuring economic benefits for water investments and policies". *Technical paper 338*. World Bank. Washington, D. C., EE. UU., 140 p.