



La tecnificación del riego ante la escasez del agua para la generación de alimentos. Estudio de caso en Chihuahua, México*

The Technification of Irrigation before the Water Shortage for the Generation of Food. Case Study in Chihuahua, Mexico

La technologie d'arrosage face au manque d'eau pour produire des aliments. Etude de cas à Chihuahua, au Mexique

Maria Dolores Olvera-Salgado**, Gregorio Bahena-Delgado***, Óscar Alpuche-Garcés****, Francisco García-Matías*****

Recibido: 2014-04-02 // Aprobado: 2014-05-15 // Disponible en línea: 2014-09-10

Olvera-Salgado, M. D., Bahena-Delgado, G., Alpuche-Garcés, O. & García-Matías, F. (2014). La tecnificación del riego ante la escasez del agua para la generación de alimentos. Estudio de caso en Chihuahua, México. *Ambiente y Desarrollo*, 18(35), 23-36. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.AyD18-35.trea>
doi:10.11144/Javeriana.AyD18-35.trea

Resumen

La investigación tuvo como objetivo analizar la productividad del agua y el impacto de la tecnificación del riego sobre ella y el rendimiento de los cultivos como principales aportadores de alimentos. Se realizó en el Distrito de Riego 005, Delicias, Chihuahua. Se usó el método comparativo para dos escenarios: *el antes*, como la condición previa a la tecnificación del riego en el año 2003, caracterizada por una superficie con riego por gravedad, y *el después* en 2012-2013, en la superficie con riego tecnificado (multicompuertas, aspersión y goteo). Los resultados muestran ahorros marginales de aproximadamente 63454 dam³ de agua y una producción

* Este artículo comprende resultados de investigación del proyecto titulado *Impacto técnico y socioeconómico de la tecnificación del riego en el Distrito de Riego 005, Delicias, Chihuahua*, formulado en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Auspiciado por el Conacyt, México, último semestre del 2011 a primer semestre del 2014.

** Candidata a doctora en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Investigadora del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México. Correo electrónico: dolvera@tlaloc.imta.mx

*** Doctor en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Profesor de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos-IPRO. México. Correo electrónico: gbahena20@yahoo.com.mx

**** Doctor en Antropología. Profesor investigador de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. Correo electrónico: oscaral8@hotmail.com

***** Doctor en Ciencias en Educación Agrícola Superior. Profesor de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. Correo electrónico: fgarmat@yahoo.com.mx

de 124 662 toneladas de producto agrícola. Con goteo y aspersion se generó el mayor ahorro de agua, producción e ingresos económicos.

Palabras clave: indicadores; escasez del agua; tecnificación del riego; producción de alimentos

Abstract

The objective of the research was to analyze water productivity and the impact of the technification of irrigation has on it, and the yield of the crops as the main contributors of food. It was performed in the Irrigation District 005, Delicias, Chihuahua. We used the comparative method for two scenarios: *the before* as the condition prior to the technification of irrigation in 2003, characterized by a surface with gravity irrigation, and *the after* in 2012-2013, in the surface with technical irrigation (multi-outlet spraying and drip). The results showed marginal water savings of approximately 63,454 dam³, and a production of 124,662 tons of crops. The drip and spraying methods generated a higher saving of water, production and economic savings.

Keywords: indicators; water scarcity; technification of irrigation; food production

Résumé

La recherche a eu en tant qu'objectif la productivité de l'eau et l'impact de la technologie d'arrosage sur elle et le rendement des cultures comme les principaux fournisseurs d'aliments. On l'a réalisé dans le District d'Arrosage 005, Delicias Chihuahua. On a utilisé la méthode comparative pour les deux scénarios : *l'avant*, en tant que condition préalable à l'implémentation technologique d'arrosage dans l'année 2003, caractérisée par une surface d'arrosage par gravité, et *l'après* en 2012-2013, dans la surface avec un arrosage technologique (multi-portes, aspersion et égouttement). Les résultats montrent des gains marginaux d'environ 124 662 tonnes de produit agricole. Avec l'égouttement et l'aspersion on a produit le plus grand gain d'eau, de production et revenus économiques.

Mots-clés: indicateurs; manque de l'eau; technologie d'arrosage; production d'aliments

Introducción

El agua es un activo estratégico a nivel mundial y es el elemento vital cuya escasez y baja calidad puede restringir el desarrollo de países y sociedades enteras. Es por ello que algunos gobiernos han buscado alternativas tecnológicas para hacer un uso más eficiente y racional del agua en la agricultura, que es donde se destina más de 70% del consumo mundial. En México se tiene un total aproximado al 0,1% del agua dulce a nivel mundial, lo cual es determinante para que un porcentaje importante del territorio (56%) sea catalogado como semiárido y se clasifique como un país con baja disponibilidad de agua, característica de la zona norte del país, la cual ocupa aproximadamente el 50% de la superficie (FGRA, s/f). Mientras que en la frontera sur del país, la disponibilidad promedio es mayor a 24 000 m³/habitante/año, en la región del río Bravo no llega a los 1500 m³/habitante/año y en Baja California es alrededor de los 1100 m³/habitante/año (Siagua s/f).

El cambio climático también está presionando hacia políticas agrícolas más ambiciosas. La investigación sobre el cambio climático en México (Magaña et ál., 1997; Jones & Thornton, 2003) y acerca de la vulnerabilidad y las adaptaciones requeridas para mitigar sus efectos negativos sobre la producción de alimentos (Conde et ál., 2006; González-Chávez & Macías-Macías, 2007; Tinoco-Rueda et ál., 2011), considera que la disponibilidad de agua para la producción agrícola, es decir, para los cultivos, es un factor prioritario que impacta la producción de alimentos en México. Otro problema de gran significación e influencia es la escasez del agua asociada a las bajas eficiencias en su uso agrícola y urbano. Arreguín et ál. (2010) sostienen que la mayor posibilidad de recuperación se encuentra en el campo agropecuario, donde se utiliza el 77% del recurso y se opera con eficiencias de 37% en los distritos de riego y 57% en las unidades de riego.

Dado que el sector agrícola es de gran importancia para la economía mexicana, al representar 8,4 puntos del Producto Interno Bruto (PIB) y emplear al 23% de la población activa, y un generador de alimentos básicos para la población, el Gobierno de México ha puesto en marcha una serie de reformas estructurales dirigidas a la modernización de los sistemas de riego en sitios ubicados en las 6,5 millones de hectáreas que tienen instalaciones de riego en México, donde unos 4,2 millones de hectáreas (67%) se riegan con agua superficial y el resto, alrededor de 2 millones de hectáreas (33%), se riegan mediante bombeo de agua subterránea (Siagua, s/f). La superficie bajo riego representa 6,5 millones de hectáreas, agrupadas en 85 distritos de riego (54% de la superficie bajo riego) y más de 39 000 unidades de riego que ocupan el 46% restante (Conagua, 2012).

Por lo anterior, la agricultura como una actividad económica de alto consumo de recursos hídricos, requiere acciones estratégicas que propicien aumentar la eficiencia de utilización del agua en el proceso de transformación insumo-producto —siendo el insumo principal el recurso agua— y mejoren además los rendimientos de los cultivos, para generar mayor volumen de producto agrícola. Una de las estrategias adoptadas fue la tecnificación y modernización del riego agrícola, para pasar de un sistema de riego por gravedad a uno con mayor tecnificación, en la búsqueda objetiva de aumentar la relación agua-rendimiento y producir más con menos agua. Para casi todas las regiones del mundo, aumentar la productividad del agua usada en la agricultura, en vez de adjudicar más agua, constituye el mayor potencial para mejorar la seguridad alimenticia y reducir la pobreza al costo ambiental más bajo (Rijsberman et ál., 2006).

Metodología

El trabajo se realizó en el DR 005, Delicias, Chihuahua, el cual pertenece a la cuenca del río Bravo (figura 1), donde en el periodo 1993-2003 se tuvo una sequía calificada de “extrema”, situación que se reflejó en una reducción en el cauce de los ríos y el nivel de las presas. En la zona, la tecnificación del riego como un componente del Programa Rehabilitación, Modernización y Equipamiento de Distritos de Riego en México tiene entre sus propósitos el lograr un uso eficiente y sustentable del recurso agua, mediante acciones de rehabilitación y modernización de la infraestructura hidráulica concesionada

en los distritos de riego y la *tecnificación del riego*, para reducir las pérdidas de agua desde la red de conducción y distribución hasta la parcela, aumentando con ello su disponibilidad y logrando un mejor aprovechamiento de la dotación, con mayor eficiencia, mejorando además la calidad y oportunidad del servicio de riego e incrementando la producción y productividad del agua (Olvera et ál., 2014).

La subvención del Gobierno Federal en los años 2003 y 2004 correspondió al 100% del costo de inversión en el sistema de riego, mientras que la operación y el funcionamiento corren hasta la actualidad a cargo de los productores, contrariamente a lo estimado para seis países asiáticos donde el Gobierno cubrió el 90% de los costos totales de funcionamiento y mantenimiento del riego (Repetto, 1986).

Siendo el agua la principal condicionante de la producción agrícola en gran parte del país, así como su capacidad para alimentar a sus poblaciones, se consideró necesario estudiar el problema de la productividad del agua y el impacto que la tecnificación del riego tuvo sobre esta y el rendimiento de los cultivos como principales aportadores de alimentos. Debido a que la agricultura de riego consume en la actualidad la mayor parte del suministro de agua de buena calidad (en una cantidad estimada entre el 60 y el 80%), la búsqueda de nuevas formas de producir más alimentos con menos cantidad de agua ofrece una respuesta al problema de la escasez del agua (rwm¹ 2009).

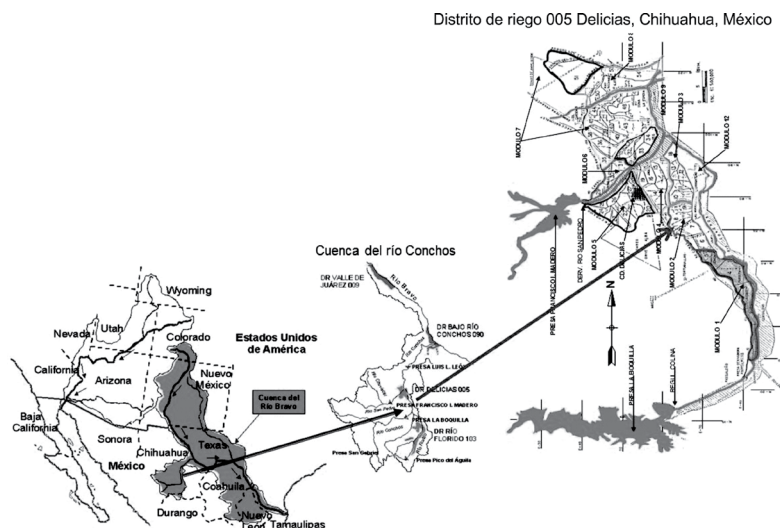


Figura 1. Porcentaje de interacción del departamento de gestión ambiental con otras áreas de la organización

Fuente: elaboración propia

En los sistemas agrícolas la productividad del agua se define como la cosecha física o económica por unidad de agua consumida por el cultivo (en kg/m^3 o $\$/\text{m}^3$). La definición más común se refiere a la cosecha producida por unidad de agua consumida en la producción (kg/m^3). Autores como Stewart et ál. (1977), Molden, (1997), Dehghanisani et ál. (2009) y Olvera (2013) determinan la productividad del agua considerando que el numerador puede ser expresado en términos de rendimiento del cultivo, mientras que en el denominador puede usarse la transpiración, la evapotranspiración, el agua aplicada o el agua total, entre otros, siendo este último el más usado en México, por la disponibilidad de información, y se expresa comúnmente en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). Otro indicador usado en este trabajo fue el de producción del agua, como la relación de cosecha económica por unidad de agua consumida por el cultivo y su expresión en pesos por metro cúbico ($\$/\text{m}^3$).

1 International Water Management Institute.

La información se obtuvo directamente del productor agrícola de uno de los módulos de riego del DR 005, Delicias, Chihuahua, para lo cual se analizaron fincas agrícolas pares: 26 fincas con gravedad, 26 fincas con riego tecnificado en cultivos similares, con lo que se generó la condición de comparación. Se diseñó y aplicó un instrumento de investigación en el cual se obtuvo cada una de las actividades que el productor realiza para producir su cultivo. El índice de confianza calculado para la superficie representativa fue del 95%, para un área que representa, aproximadamente, el 23% de las inversiones económicas realizadas en todo el distrito de riego y el 11% de la superficie tecnificada (890 ha) para el módulo 4, definido como área de estudio.

Finalmente, para obtener resultados que permitieran determinar el cambio en favor de la generación de alimentos y el ahorro del recurso agua, que se obtuvo con la estrategia de tecnificación del riego, se usó el método comparativo. Este considera dos escenarios: *el antes*, como la condición previa a la tecnificación del riego, que se caracterizó por una superficie con riego por gravedad, y *el después*, asumido como la superficie con riego tecnificado con sistemas de multicompuertas (MC), aspersión (ASP) o goteo (GOT).

Resultados

Se encontró que el incremento de los valores calculados en los indicadores de producción y productividad del agua tiene influencia directa en el sistema de riego y su relación con los cambios que suceden por la tecnificación sobre el rendimiento del cultivo, el costo de producción (es decir, las actividades y los insumos aplicados) y dentro de este último con el volumen de agua aplicado, el cual en la mejor expectativa de tecnificación, el ahorro de agua debería ser el efecto de la tecnificación, pero además se identificó que analizando resultados de un cultivo en específico, los indicadores se incrementaron en cultivos donde los productores tenían superficies mayores. En lo que sigue se presentan los resultados que sustentan las anteriores afirmaciones.

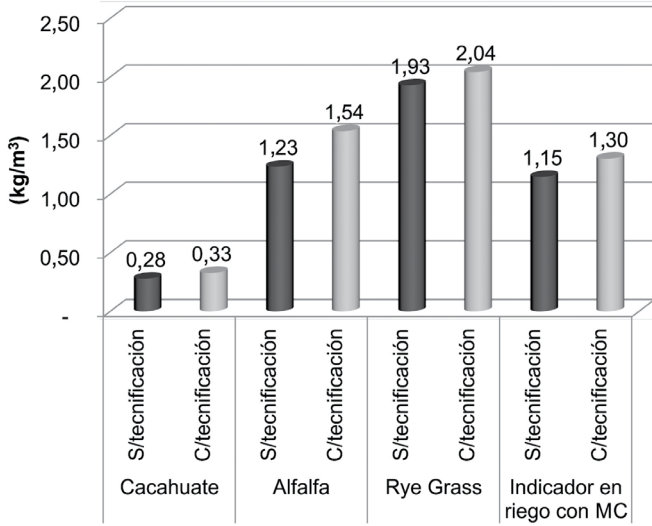
a) El índice de productividad del agua y su relación con el cultivo y el sistema de riego

El índice de productividad del agua (kg/m^3), producto de la relación entre el volumen de producción y el volumen de agua aplicado, presentó valores que dependen del tipo de cultivo, del índice de producción de la tierra (expresado en toneladas por hectárea (t/ha)) y del volumen de agua aplicado. En las figuras 2 a 5 se observa que, analizando la relación cultivo-sistema de riego en multicompuertas, hubo incremento de rendimientos en todos los cultivos y usando el método comparativo entre el cultivo de alfalfa, se obtuvo un incremento mayor en el indicador para el riego por aspersión que en el de multicompuertas. No obstante, de entrada, este es superado en condiciones de gravedad (antes de tecnificar) por el sistema de multicompuertas y tal resultado se relaciona *con la operación del sistema de riego*, ya que se reportan mayores consumos medios de agua por hectárea en el sistema de riego por aspersión, pasándose de 15 a 14 y de 24 a 17 millares de metros cúbicos de agua (dam^3), respectivamente.

Por lo tanto, los resultados obtenidos se deben a múltiples interacciones en los campos de producción. Asimismo, es perceptible un mejor uso del agua en el ejido (5 a 10 ha) y un uso inadecuado en mayores superficies de la propiedad privada (20-50 ha), lo cual no tiene un efecto en el rendimiento; mientras que en el ejido se obtienen 21 t/ha , en la propiedad privada se obtienen 20 t/ha .

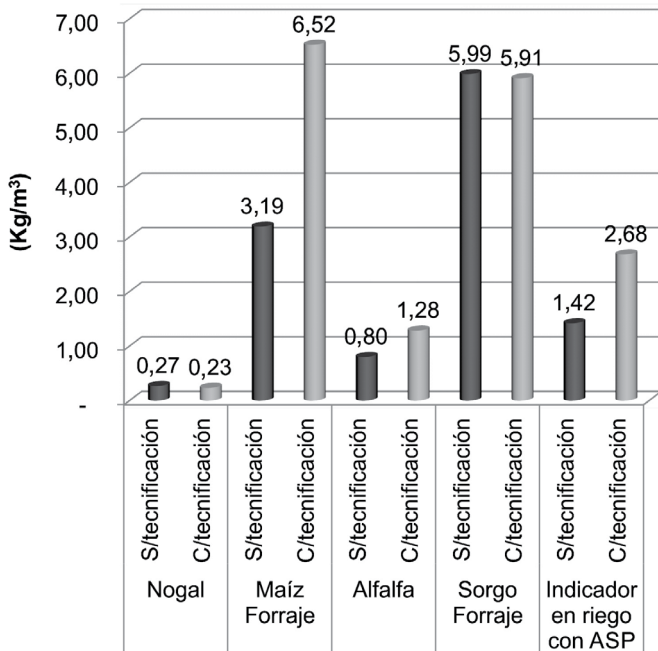
En el riego por goteo solamente se tiene el régimen de tenencia de la propiedad privada y, en efecto, es el sistema y su operación, junto con el manejo productivo del cultivo, los que propician el ahorro de agua y el incremento de producción y, por lo tanto, un mejor indicador. El resultado muestra que con la tecnificación se tuvieron incrementos de rendimiento en riego por goteo, además de tratarse de cultivos de hortalizas que alcanzan una alta rentabilidad económica y niveles de rendimiento mayores, si fuesen comparados con los obtenidos en granos básicos como el maíz (*Zea mays*) o el frijol (*Phaseolus vulgaris*), entre otros.

Figura 2. Productividad del agua en MC



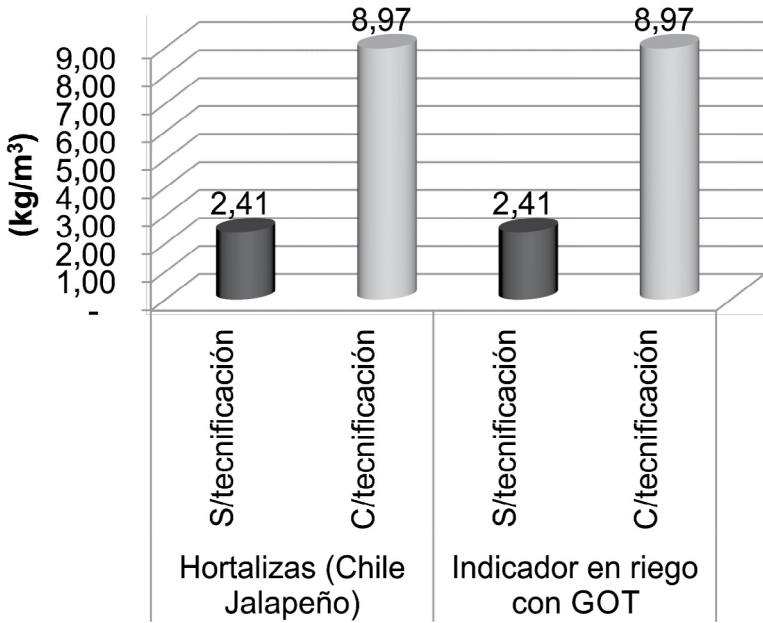
Fuente: elaboración propia

Figura 3 Productividad del agua en ASP



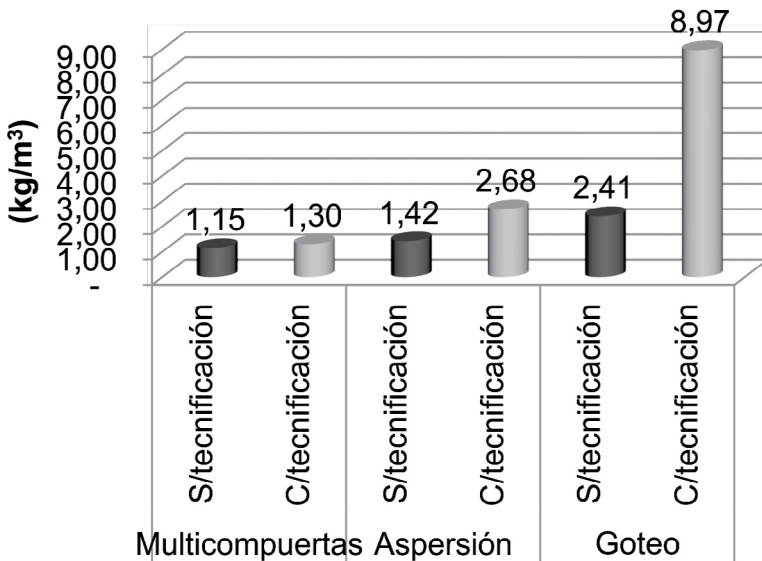
Fuente: elaboración propia

Figura 4. Productividad del agua en got



Fuente: elaboración propia

Figura 5. Productividad del agua por sistema de riego



Fuente: elaboración propia

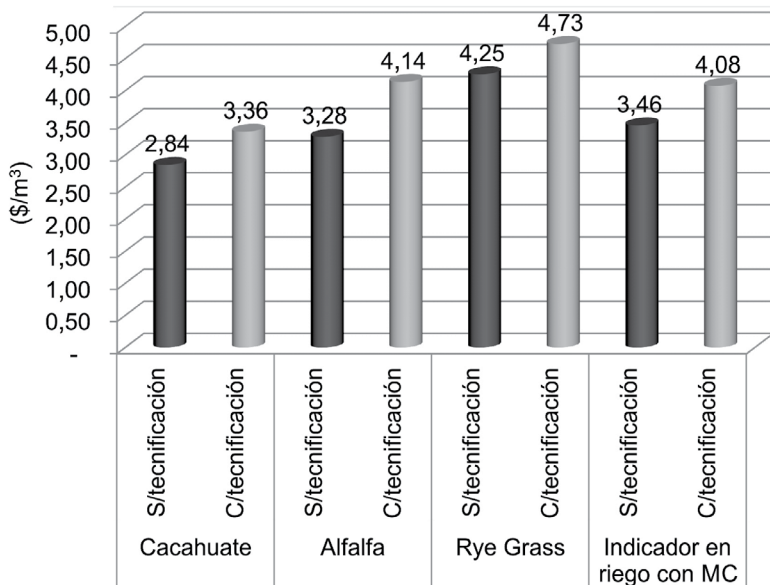
b) El índice de producción del agua generado de la relación con el cultivo desarrollado por sistema de riego

El índice de producción del agua ($\$/m^3$), calculado de la relación de las variables ingresos por venta de la producción y volumen de agua, fue usado en expresiones iniciales de $\$/ha$ y m^3/ha , respectivamente. Este indicador presentó valores mayores en todos los cultivos con multicompuertas, propiciados principalmente por el ahorro en el volumen de agua aplicada en la parcela. La mayoría de los cultivos que recibieron la tecnificación por aspersión presentaron incrementos en el indicador, a excepción del nogal y el sorgo forrajero, los cuales reportaron mayores consumos de agua.

En el caso de los cultivos con riego por goteo, el cambio incremental del indicador fue muy notorio, debido a que se trata de un sistema de riego de precisión que propició el aumento del rendimiento y la disminución del volumen de agua aplicada a los cultivos, dos elementos importantes de este indicador. El conjunto de resultados donde se tuvo un incremento en el indicador, y que se presentan en las figuras 6 a 9, es propiciado por la tecnificación y modernización del riego, al generarse un incremento del rendimiento y un ahorro del agua, elementos considerados como las variables que determinan el indicador.

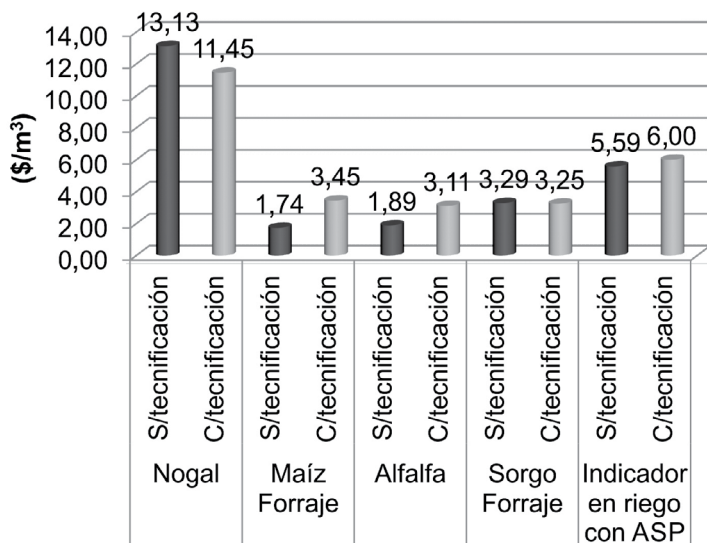
Una vez agrupado el indicador con valores medios, resulta que tanto en multicompuertas como en aspersión y goteo se tienen incrementos en el indicador de productividad del agua, el valor mayor o menor cambio (siempre a favor) de este se relacionó siempre con el cultivo que se desarrolló en cada sistema de riego.

Figura 6. Producción del agua en mc



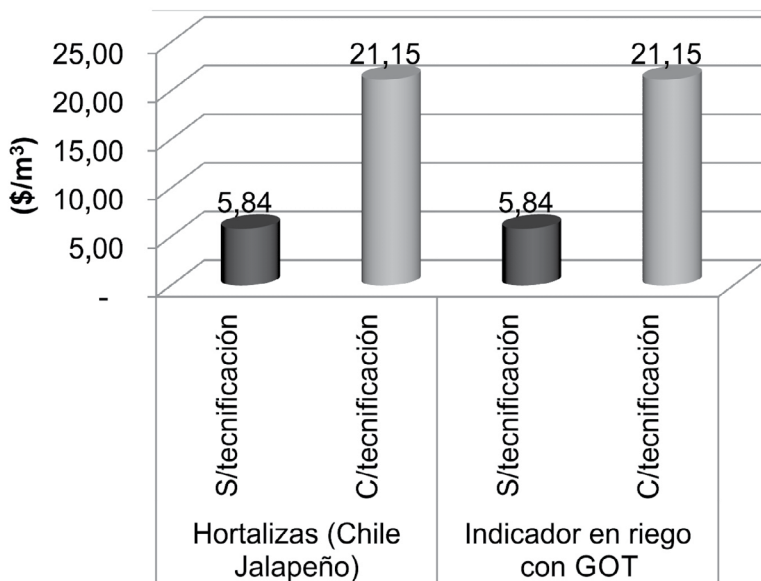
Fuente: elaboración propia

Figura 7. Producción del agua en ASP



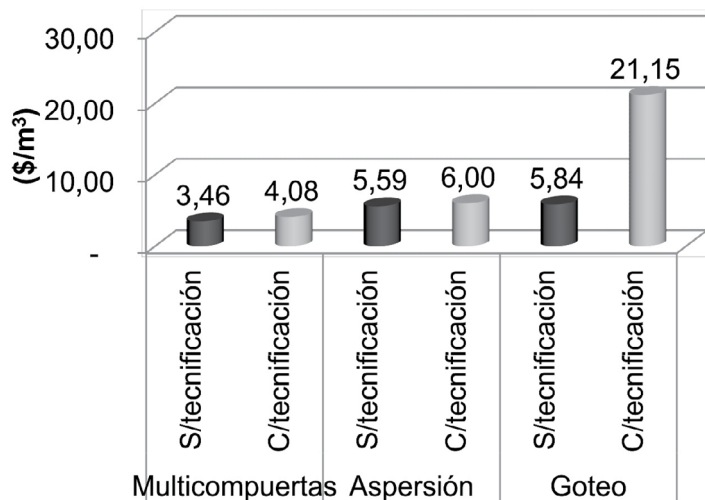
Fuente: elaboración propia

Figura 8. Producción del agua en got



Fuente: elaboración propia

Figura 9. Producción del agua por sistema de riego



Fuente: elaboración propia

c) La utilidad generada por cada sistema de riego

La utilidad neta media para cada sistema de riego, calculada de la diferencia obtenida entre la utilidad bruta (ingresos por venta de la producción) menos el costo de producción, es el ingreso neto que percibe el productor por cada hectárea cosechada. Los valores permiten advertir que la tecnificación, además de favorecer el ahorro de agua y por lo tanto la conservación del recurso, propicia cambios en la economía del productor con riego (figura 10).

Las condiciones de tamaño de la parcela, por tenencia de la tierra y sistema de riego, crean diferencias en la zona de estudio en las cuales las superficies menores corresponden al ejido (6,55 ha en promedio) con el sistema de riego por multicompuertas, y en la tenencia de la propiedad privada se encuentran los tres sistemas de riego, donde las superficies menores corresponden al sistema de multicompuertas y conforme es más tecnificado el riego, es mayor la superficie media del productor.

La estrategia de tecnificación del riego favoreció a la propiedad privada en cuanto al nivel de la tecnificación. Las características de los sistemas de riego orientan principalmente al tipo de cultivo, es decir, el riego tecnificado es más eficiente dependiendo del cultivo, el goteo se usa principalmente en hortalizas, la aspersión en cultivos forrajeros o en árboles de diverso fin, y tradicionalmente el riego con multicompuertas se considera para una mejora de las condiciones del riego en cultivos básicos como maíz, cacahuate o forrajes.

La caracterización anterior abre la brecha de diferencias en la productividad y producción de la tierra y el agua, entre las utilidades netas anuales percibidas, la mano de obra contratada y la superficie media tecnificada para el riego, donde el ejido es el menos favorecido en la cantidad de estas variables. Caso inverso se identifica en la relación de la tenencia con el uso del agua para la producción agrícola, de modo directo y sin un análisis causal. Pareciera que el ejido es el mayor consumidor de agua a nivel de cada hectárea producida. A su favor está de nuevo, el tipo de cultivo y el sistema de riego, dado que el riego por goteo propicia el uso más eficiente del agua en su aplicación a nivel de parcela, a lo que se une la visión empresarial de los productores cuya característica es el trabajo con financiamiento, grandes utilidades netas por venta de producción y cultivos de alta rentabilidad económica, que comparados con el ejido ponen en desventaja al productor de este régimen (tabla 1).

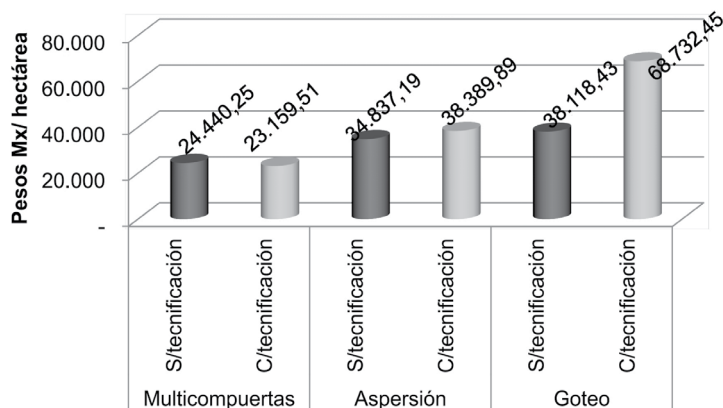


Figura 10. Comparación de ingresos del productor, antes y después de la tecnificación del riego

Fuente: elaboración propia

Retomando los objetivos de la tecnificación, que fueron el incremento de los rendimientos y el ahorro de agua, se pudieron determinar los indicadores técnicos, sociales y productivos integrados para el sistema de producción agrícola, obtenidos directamente del productor del módulo 4. Se compararon los resultados de las dos condiciones (antes y después) y a nivel de hectárea se obtuvo el volumen ahorrado de agua y el aumento del volumen de producción como consecuencia del incremento del rendimiento por hectárea (tabla 1). Los valores ponderados mostraron un ahorro medio de 4,99 dam³/ha y un aumento medio en el rendimiento de 9,81 t/ha.

Tabla 1

Cambio marginal en indicadores ambientales y productivos en el módulo 4

Cultivo / indicador	Ambiental-productivo (volumen ahorrado)		Productivo-social (volumen generado)	
	Millar de m ³ /ha anual	Millar de m ³ anual total	Toneladas / ha	Toneladas totales
Sistema de riego con multicompuertas				
Cacahuete	1,47	6527,63	-	0
Alfalfa	1,36	3011,31	0,19	409,63
Rye grass	0,90	469,35		0
Subtotal	1,39	10 008,29	0,06	409,63
Sistema de riego con aspersión				
Alfalfa	7,43	8195,70	3,80	4191,61
Nogal	- 1,64	-1203,82		
Subtotal	3,81	6991,88	2,28	4191,61
Sistema de riego con goteo				
Chile	12,57	46 453,93	32,50	120 061,46
Subtotal	12,57	46 453,93	32,50	120 061,46
Total	4,99	63 454,11	9,81	124 662,69

Fuente: elaboración propia

Con la clasificación de los cambios generados por los indicadores que impactan en el área (ambiente, producción, social y económico) y una extrapolación a la superficie tecnificada en área de estudio, se determinaron los beneficios marginales para la superficie del módulo de riego: un ahorro de 63,4 hm³, una producción adicional de 124 662 ton de producto agrícola anuales, 611 008 jornales anuales adicionales (48 jornales generados por hectárea) y un ingreso de \$113,10 millones (8900 MX\$/ha, equivalente a 691,5 US\$). De lo anterior se concluye que la tecnificación del riego ha propiciado un mejor uso del agua (al generar ahorros del recurso) y un aumento de la disponibilidad de alimentos (al incrementarse el volumen de producto agrícola), lo cual propiciará, de mantenerse en condiciones similares o mejores, una mayor seguridad alimentaria. Es recomendable realizar un análisis específico del cultivo de nogal, dado que los consumos de agua son mayores a pesar de contar con un sistema más tecnificado.

Además de los resultados mencionados de modo global para el módulo 4, resultó que los mayores volúmenes de agua fueron consumidos en el sistema de riego por multicompuertas, volúmenes estos que fueron superiores a los consumos de agua con el riego por goteo en un 60 a 67%, mientras que con el riego por aspersión se consume un 38% más que con riego por goteo. Asimismo, analizando los ingresos netos marginales y su relación con la cantidad de agua aplicada a pie de parcela, se identificó que los valores aumentan conforme se tiene un mejor nivel de tecnificación y control del agua aplicada, es decir, con el sistema de riego por goteo se generan ingresos de 205 MX\$ o 15,96 US\$ por metro cúbico de agua aplicada a nivel de parcela. Se observa, además, para el sistema de riego por multicompuertas, que comparando al ejido con la propiedad privada, el primero aplica mayor volumen medio de agua por hectárea (tabla 2).

Tabla 2

Consumo y producción neta de agua por sistema de riego en el módulo de riego

Tenencia	Sistema de riego	Superficie promedio (ha)	Cultivo	Agua aplicada en promedio (dam ³ /ha)	Producción neta del agua l m ³
Ejido	MC	6,55	Rye grass-avena (<i>Lolium multiflorum-Avena sativa</i>), Cacahuete (<i>Arachis hypogaea</i>), y alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	15 125	13,16 MX\$ = 1,02 US\$
Propiedad privada		13,91	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) y cacahuete (<i>Arachis hypogaea</i>)	14 505	17,34 MX\$ = 1,35 US\$
Propiedad privada	ASP	20,62	Nogal (<i>Juglans regia</i>), maíz (<i>Zea mays</i>), alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) y Sorgo (<i>Sorghum spp.</i>)	12,52	32,81 MX\$ = 2,55 US\$
Propiedad privada	GOT	27,62	Hortalizas: chile (<i>Capsicum annum</i>)	9,05	205,50 MX\$ = 15,96 US\$

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Los resultados muestran que con la tecnificación del riego se tienen ahorros marginales de aproximadamente 63 454 dam³ de agua y 124 662 ton de producto agrícola. Con goteo y aspersión se tuvo mayor ahorro de agua, producción e ingresos económicos. Conforme se tiene un mayor nivel de tecnificación y se asocia a cultivos de alta rentabilidad, se obtienen mayores ahorros de agua aplicada a nivel de parcela y mayor volumen de productos agrícolas.

La tecnificación del riego se muestra como una alternativa para el uso eficiente del agua y la producción agrícola; sin embargo, se deben considerar aspectos de capacitación y asesoría al productor agrícola sobre operación del sistema de riego, cuándo y cuánto regar, para que efectivamente se propicie un ahorro de agua y se genere mayor cantidad de alimentos provenientes de la agricultura tanto para el hombre como para los animales, quienes también son aportadores de alimento para la sociedad. *La tecnificación del riego se presenta como alternativa estratégica a la prevista futura escasez de alimentos y de recursos naturales.* Aunada a un proceso más intenso de concienciación y valoración del recurso agua, será una acción necesaria y urgente ante el inminente cambio climático que afecta a zonas como la de estudio, la cual desde hace más de una década registra problemas de falta de agua para producir alimentos.

El tipo de tenencia de la tierra parece poner al ejido en un nivel tecnológico y de asignación de oportunidades de desarrollo inferior a la propiedad privada. El ejido no solamente es el mayor consumidor del agua, sino también el menos favorecido con la tecnificación, dado que cuenta con un sistema que propicia el mejor manejo del agua en condiciones de riego por gravedad, pero no el mejor ahorro de ella. El ejido y las características físicas de la tierra —“terrenos delgados” tipo arenoso, en el decir de sus usufructuarios—, originadas por la forma de adquisición (reparto de tierras), limitan también los niveles de producción de la tierra, donde la clase de suelo favorece las pérdidas por infiltración y por mal manejo del agua. *La tenencia de los recursos* presenta mejores condiciones económicas, sociales, tecnológicas y ambientales para la propiedad privada.

Referencias

- Arreguín, F., Alcocer, V., Marengo, H., Cervantes, C., Albornoz, P. & Salinas, G. (2010). Los retos del agua. En Academia Mexicana de Ciencias, *El agua en México: cauces y encauces* (pp. 51-77). México, D. F.: Academia Mexicana de Ciencias.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2012). *Información sobre el agua en México. Usos del agua*. Recuperado el 10 de julio del 2014, de <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=87&n4=34>
- Conde, C., Ferrer, R. & Orozco, S. (2006). Climate Change and Climate Variability Impacts on Rainfed Agricultural Activities and Possible Adaptation Measures. A Mexican Case Study. *Atmósfera*, 19 (3), 181-194. Recuperado el 27 de mayo del 2014, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362006000300003&lng=es&tlng=en.
- Dehghanisani, H., Nakhjavani, M. M., Tahiri, A. Z. & Anyoji, H. (2009). Assessment of Wheat and Maize Water Productivities and Production Function for Cropping System Decisions in Arid and Semiarid Regions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 58, 105-115.
- Fundación Gonzalo Río Arronte (s/f). *Agua en México*. Recuperado el 20 de mayo del 2014, de http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=section&id=6&Itemid=300004.
- González-Chávez, H. & Macías-Macías, A. (2007). Vulnerabilidad alimentaria y política agroalimentaria en México. *Desacatos*, (25), 47-78.

- International Water Management Institute (IWMI) (2009). *¿Cómo se pueden producir más alimentos con menos agua?* Recuperado el 11 de marzo del 2014, de <http://www.iwmi.org>.
- Jones, P. G. & Thornton, P. K. (2003). The Potential Impacts of Climate Change on Maize Production in Africa and Latin America in 2055. *Global Environmental Change*, 13 (1), 51-59.
- Magaña, V., Conde, C., Sánchez, O. & Gay, C. (1997). Assessment of Current and Future Regional Climate Scenarios for Mexico. *Climate Research*, 9 (1-2), 107-114.
- Molden, D. (1997). *Accounting for Water Use and Productivity*. Swim Paper 1. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Olvera Salgado, M. D., Ojeda, B. W., Bahena, D. G. & Alpuche Garcés, O. (2014). Participación y apropiación de la modernización y tecnificación del riego en Chihuahua México. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 31 (1), 47-61.
- Olvera Salgado, M. D., Montiel Gutiérrez, M. A. & Alpuche Garcés, O. (2013). Indicadores técnicos para la conversión productiva de agricultura de temporal a riego. *RIHA*, 34 (3), 44-56. Recuperado el 10 de julio del 2014, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382013000300004&lng=es&nrm=iso. ISSN 1680-0338
- Repetto, R. (1986). *Skimming the Water: Rent-Seeking and the Performance of Public Irrigation Systems*. Research Report No. 4. Washington, D. C.: Instituto Mundial sobre Recursos.
- Rijsberman, F., Manning, N. & Silva, S. (2006). *Aumentar la productividad del agua verde y azul, para equilibrar el agua para alimentación y medio ambiente*. Documento base del eje temático agua, alimentación y medio ambiente. IV Foro Mundial del Agua, Instituto Internacional para Manejo del Agua (IWMI).
- Sistema Iberoamericano de Información sobre el Agua (Siagua), Comisión Nacional del Agua (s/f). *México*. Recuperado el 24 de febrero del 2014, de www.siagua.org/pais/mexico.
- Stewart, J. I., Hagan, R. M., Pruitt, W. O., Danielson, R. E., Franklin, W. T., Hanks, R. J. & Jackson, E. B. (1977). Optimizing Crop Production through Control of Water and Salinity Levels in the Soil. *Reports*. Paper 67.
- Tinoco-Rueda, J. A., Gómez-Díaz, J. D. & Monterroso-Rivas, A. I. (2011). Efectos del cambio climático en la distribución potencial del maíz en el estado de Jalisco, México. *Terra Latinoamericana*, 29 (2), 161-168.