

Eficiencia y productividad del agua de riego en trigo (*Triticum vulgare*) de Ensenada y Valle de Mexicali, Baja California, México

Efficiency and productivity of water irrigation in wheat (*Triticum vulgare*) from Ensenada and Valle de Mexicali, Baja California, Mexico

José Luis Ríos Flores*, Miriam Torres Moreno**, José Ruiz Torres*, Marco Antonio Torres Moreno***

RESUMEN

La escasez de agua es un factor limitante para la agricultura. Conforme la competencia por este recurso se intensifica, el agua en la producción agrícola debe ser utilizada más eficientemente. Este trabajo estimó la productividad y eficiencia del agua en trigo en Ensenada y Valle de Mexicali, Baja California. La productividad física fue $3.11 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ en Ensenada y de $1.498 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ en Valle de Mexicali. El ingreso bruto fue de $\$0.91 \text{ m}^{-3}$ en Ensenada, y $\$2.39 \text{ m}^{-3}$ en el Valle de Mexicali. El precio del metro cúbico para el riego del trigo en ambas regiones fue de $\$0.19 \text{ m}^{-3}$. La productividad social del agua fue $0.025 \text{ empleos hm}^{-3}$ para ambas regiones. Se concluye que el Valle de Mexicali fue más eficiente en el uso del agua para la producción de trigo, ya que empleó el 48% del agua que utilizó la región de Ensenada, Baja California.

ABSTRACT

Scarcity of water is a limiting factor for agriculture, as competition for water intensifies, water in agricultural production should be used more efficiently. This study estimated the productivity and efficiency of water in wheat production in Ensenada and Mexicali Valley, Baja California. Physical productivity was $3.11 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ in Ensenada and $1,498 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ in the Mexicali Valley. Gross income was $\$ 0.91 \text{ m}^{-3}$ in Ensenada, and $\$ 2.39 \text{ m}^{-3}$ in the Mexicali Valley. Price per cubic meter for irrigation of wheat in both regions was very low $\$ 0.19 \text{ m}^{-3}$. Social productivity of water was $0.025 \text{ jobs hm}^{-3}$ for both regions. It is concluded that the Mexicali Valley was more efficient in the use of water for production of wheat, since it employed 48% of the water used in the region of Ensenada, Baja California.

INTRODUCCIÓN

En los países en desarrollo, el sector agrícola es un sector económico importante, ya que contribuye significativamente a los ingresos nacionales y al crecimiento económico. En el pasado, el crecimiento de este sector se basaba principalmente en la expansión de las áreas de cultivo, tanto de riego como de secano. Sin embargo, en la actualidad el potencial para el crecimiento continuo está disminuyendo dado que la frontera agrícola se ha reducido por el crecimiento urbano y la escasez del agua (Molden, Sakthivadivel & Zaigham, 2001a). En regiones de escasez de agua, además, está incrementando la competencia por el agua entre los sectores (agrícolas, domésticos, industriales, comerciales y ambientales), lo que promueve una presión sobre los recursos hídricos en muchas regiones del mundo. Esta escasez afecta sobre todo a la agricultura, considerado el principal usuario con una utilización del 75% del total de agua disponible, por lo que la estrategia clave se centra en mejorar la productividad del agua (Molden, Upali & Intizar, 2001b).

Recibido: 11 de junio de 2015

Aceptado: 27 de noviembre de 2015

Palabras clave:

Triticum vulgare; eficiencia; productividad.

Keywords:

Triticum vulgare; efficiency; productivity.

Cómo citar:

Ríos Flores, J. L., Torres Moreno, M., Ruiz Torres, J., & Torres Moreno, M. A. (2016). Eficiencia y productividad del agua de riego en trigo (*Triticum vulgare*) de Ensenada y Valle de Mexicali, Baja California, México. *Acta Universitaria*, 26(1), 20-29. doi: 10.15174/au.2016.825

* Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Gómez Palacio, Ciudad Juárez km 38.5, Bermejillo, Durango, México, C.P. 35230. Correo electrónico: j.r2005@hotmail.com

** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), Delegación-Región Lagunera-Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural, Ciudad Lerdo, Durango, México.

*** Innovación Ambiental para la Conservación y Desarrollo Sustentable A. C., Texcoco, Estado de México.

El concepto de *productividad del agua* fue establecido por Kijne, Barker & Molden (2003) como una medida sólida para determinar la capacidad de los sistemas agrícolas de convertir el agua en alimento. Sin embargo, la determinación de tal concepto en la práctica se utiliza como una herramienta de diagnóstico para comprobar la eficiencia del uso del agua en los sistemas agrícolas, y para proporcionar una visión sólida para la determinación de las oportunidades de redistribución de agua en las cuencas, donde el objetivo sea el incremento de la productividad agrícola del agua.

Ello finalmente permitirá a los tomadores de decisiones hacer juicios acerca de qué alternativas existen para resolver los problemas técnicos en cuanto a la productividad del agua, acerca de si una región es o no eficiente en la producción agrícola. El análisis de este tipo de indicadores no debe ser interpretado como un elemento aislado, es una herramienta orientada a brindar información básica que, siendo analizada en el contexto regional y junto con otros indicadores de relevancia, puede ser de utilidad para los tomadores de decisiones (*The United Nations World Water Development [UN-Water]*, 2012). Los otros factores a considerar son climáticos, hidrológicos y geográficos, así como los modelos productivos utilizados en las distintas regiones, la evolución demográfica local y los escenarios futuros (Mekonnen & Hoekstra, 2010), que contribuyan con la disminución de la presión que se ejerce sobre los recursos hídricos (Aldaya, Martínez-Santos & Llamas, 2010; Hoekstra, 2008; Hoekstra & Chapagain, 2007). En este sentido, Reyes & Quintero (2009) mencionan que el uso irracional de los recursos hidrológicos ha provocado fuertes problemas ambientales, particularmente en los Distritos de Riego, localizados en la planicie costera, donde las condiciones de baja pendiente y deficiente drenaje natural favorecen la aparición de sales. Esta situación que empeoró con el inadecuado manejo del agua, propiciándose la sobreexplotación de las aguas subterráneas.

En el caso concreto del Distrito de Riego 014 Río Colorado, se integran 211 625 ha, de las cuales 181 318 ha corresponden al Valle de Mexicali, la zona de mayor producción de trigo a nivel nacional, con una superficie sembrada anualmente de 80 000 ha (Rodríguez-González *et al.*, 2014); ello representa el 44% de la superficie agrícola. Por otro lado, Ensenada cuenta con 87 473.33 ha dedicadas a la producción agrícola, de las cuales un 12% o 13% se dedica a la producción de trigo (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2007). En el Distrito de Riego 014, el principal usuario del agua es el sector agrícola, con 80% del volumen, siendo la principal problemática la baja eficiencia en

el uso del agua (52%), debido, entre otras cosas, a las prácticas rudimentarias de riego, así como a la falta de mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura hidráulica, además de los problemas de nivelación e inadecuado manejo del agua en el nivel parcelario (Comisión Nacional del Agua [Conagua], 2012), ya que la producción en estas regiones depende de la disponibilidad del agua. Por ello se debe analizar cuán eficiente es el uso del recurso en esa región. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la productividad del agua de riego en el cultivo de trigo grano en Ensenada y Valle de Mexicali, Baja California.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El Valle de Mexicali se localiza entre los 114° 45' a 115° 40' longitud oeste y 31° 40' a 32° 40' de latitud norte, con una altitud sobre el nivel del mar entre 5 m y 28 m. Limita al norte con California, Estados Unidos de América, al sur y sureste con el Golfo de California y la sierra El Mayor, al oeste con la Sierra Cucapá y al este con Arizona, Estados Unidos de América, y la mesa arenosa de San Luis Río Colorado, Sonora. García (1973) clasifica el clima como cálido seco, muy extremo con gran oscilación de temperatura de -6.0 °C como mínima y máximas de 50 °C. El régimen de precipitaciones es escaso de 540 mm distribuidos en verano e invierno (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Agropecuarias [INIFAP], 2005). En este Valle se ubica la región agrícola formada por la zona de Baja California, municipio de Mexicali, y la zona de Sonora, municipio de San Luis río Colorado (Camargo-Bravo & García-Cueto, 2012).

Fuentes de información

Se utilizaron como datos base, mediante los cuales se obtuvieron todas y cada una de las demás variables, las cifras de superficie cosechada, producción física anual, precios por tonelada (dividiendo el valor bruto de la producción entre la producción física anual), reportados para el área del Valle de Mexicali y Ensenada, Baja California, por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) para el ciclo agrícola 2012, y los costos por hectárea y número de jornales por hectárea reportados por Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) en el 2012, para el área del Valle de Mexicali y Ensenada, Baja California, obtenidos a través del Sistema de Ela-

boración de Costos Agropecuarios en su Modulo Agrícola de FIRA. Las láminas de riego netas empleadas fueron de 0.97 m para el ciclo vegetativo del cultivo, calculadas con el programa D'Riego (2006) versión 1.0 desarrollado por el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID-RASPA) de INIFAP.

Marco contextual y definiciones

La presente investigación se encuadra dentro de un enfoque lógico matemático propuesto por Fergusson & Gould (1987), considerando la producción agrícola como un sistema de “entradas” y “salidas”; y basándose en el modelo de productividad agrícola del agua propuesto por Viets (1962), se emplearon los modelos matemáticos para determinar la productividad y eficiencia del agua de riego en la producción agrícola generados por Ríos, Torres, Castro, Torres & Ruiz (2015); asimismo, se emplearon las definiciones de *productividad* y *eficiencia* en términos físicos, económicos y sociales del agua que a continuación se enlistan:

La *productividad* es la relación entre la unidad de producto generado (salidas) y la unidad de insumo (entradas) (*Food and Agriculture Organization* [FAO], 2003). En este caso, el término *productividad del agua* es usado exclusivamente para denotar la cantidad de producto generado sobre el volumen de agua consumida o asignada. El producto generado puede ser expresado en diferentes términos: físico o económico o social, es decir, el enfoque del llamado *cultivo por gota* o *productividad física del agua*, el cual se refiere a la cantidad de producto agrícola obtenido por unidad de agua empleado (FAO, 2003).

La definición de *productividad*, es decir un cociente, donde el numerador se encuentra la cantidad de producto físico (toneladas por hectárea), económico (ganancia por hectárea) o social (empleos generados por hectómetro); mientras que en el denominador se registra la cantidad de agua medida en litros, metros cúbicos, hectómetros o millones de metros cúbicos (L, m³, hm³, o Mm³), obteniéndose el modelo matemático para determinar la productividad del agua:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad de producto (físico, económico o social)}}{\text{Unidad de agua}}$$

En su sentido más amplio, la productividad agrícola del agua significa aumentar la cantidad de productos agrícolas, pecuarios, acuícolas y forestales por uni-

dad de agua, empleados durante su proceso de producción (FAO, 2003).

La *productividad económica del agua* se refiere al valor total o valor neto dividido entre la cantidad de agua aplicada o asignada, el cual puede ser empleado para definir los costos de oportunidad o usos alternativos del agua (Seckler, Molden & Sakthivadivel, 2003). De acuerdo con Hussain, Turrall & Molden (2007), a nivel macroeconómico la *productividad social* relaciona los beneficios sociales que se generan por la utilización del agua en la agricultura, dentro de los que se pueden contabilizar, dando generación de trabajo, seguridad alimentaria, autosuficiencia alimentaria, reducción de la pobreza y otros beneficios sociales.

Viets (1966) probablemente fue quien citó por primera vez el término *eficiencia del agua* para explicar la relación entre la producción agrícola y la aplicación de agua. Este término ha sido muy utilizado para describir el rendimiento generado (biomasa o económico) por unidad de agua aplicada. Desde la perspectiva agronómica existen diferentes definiciones, dentro de las cuales la *eficiencia del riego* significa la proporción o cantidad de agua aplicada o asignada a un cultivo para su producción dividida entre la proporción de agua que se aplicó. No obstante, para el desarrollo de este trabajo se empleó la definición *eficiencia del agua*, propuesta por Mekonnen & Hoekstra (2011), como un cociente donde el numerador se encuentra la cantidad de agua empleada para la producción de determinado cultivo, y en el denominador se encuentra la cantidad de producto generado (físico, económico, social). La ecuación general para un número índice de eficiencia del uso del agua estará dada por:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Cantidad de agua}}{\text{Unidad de producto (físico, económico o social)}}$$

Es importante mencionar que aun cuando ambos indicadores provienen de relacionar las mismas variables (producto y cantidad de agua), no tienen una traducción diferente, ya que mientras la eficiencia indica cuánta agua se requiere para producir una unidad de producto, Mekonnen & Hoekstra (2011) mencionan que se requieren 15 500 l de agua por kilogramo de carne de res (15 000 l kg⁻¹); el concepto de *productividad* señala la cantidad de producto que se genera por el empleo de una unidad de agua. Teixeira & Bassoi (2009) mencionan que se generaron 2.44 kg de uva en Brasil por metro cúbico empleado en el riego (2.44kg m⁻³).

El *costo de oportunidad*, de acuerdo con Flores (1987), se utiliza en la economía para señalar el costo que significa toda inversión cuando se prioriza una posibilidad ante otra. Así, el costo de oportunidad representa algo imaginario o ficticio, es decir, aquella inversión que no se realizó para priorizar otra considerada más urgente, importante o necesaria. Este concepto es de utilidad dado que evalúa lo que no sucedió en la práctica, analizando inversiones futuras sobre cuáles podrían ser los costos de elegir una inversión y no la otra. También sirve para determinar lo que sucedió con la decisión inicial y cómo pudo haberse beneficiado determinada empresa, institución o inversor de esa decisión inicial.

Indicadores de eficiencia y productividad agrícola del agua

Se emplearon modelos matemáticos para estimar la productividad del agua de riego en los siguientes términos: físicos (Y_1 y Y_2), económicos (Y_3 - Y_7 , Y_{12} - Y_{13}) y sociales (Y_8 - Y_{11}), diseñados por Ríos *et al.*, (2015), mismos que se muestran a continuación.

La variable Y_1 muestra la relación entre el volumen (V) de agua que representa la demanda hídrica del cultivo en una hectárea (en m^3) y el rendimiento físico (RF) por hectárea del cultivo (en kg); donde V es el producto de 10 000 m^2 por la lámina de riego (LR) (en m) dividida entre el coeficiente de eficiencia de riego (EC) (en porcentaje, en base 1, considerando la relación que existe entre el volumen de agua suministrado y volumen de agua realmente aplicado a la planta). Se expresa en metros cúbicos de agua empleados en el riego por kilogramo de trigo producido.

$$Y_1 = \frac{V}{RF} = \frac{10\,000 \left(\frac{LR}{EC} \right)}{RF} = 10^4 (LR)(EC)RF^{-1}. \quad (1)$$

La variable Y_2 , aunque es la inversa de la variable Y_1 , tiene connotación diferente, pues expresa los kilogramos de trigo producidos por metro cúbico de agua irrigada, y se expresa en kilos por metro cúbico ($kg\ m^{-3}$), o en toneladas por millones de metros cúbicos ($ton\ Mm^{-3}$).

$$Y_2 = \frac{RF}{10\,000 \left(\frac{LR}{EC} \right)} = (10^{-4})RF(LR/EC)^{-1}. \quad (2)$$

La variable Y_3 muestra la relación entre la cantidad de agua empleada en el riego (V) y el ingreso monetario (RM) (en US\$ ha^{-1}) que se generó al emplear ese volu-

men de agua; donde el numerador de esta ecuación es el mismo numerador de Y_1 , y el denominador RM es igual al producto de RF por el precio (p) (en US\$ kg^{-1}). Se expresa en metros cúbicos por dólar (US\$) de ingreso bruto producido por el cultivo.

$$Y_3 = \frac{V}{RM} = \frac{10\,000 \left(\frac{LR}{EC} \right)}{RF(p)} = 10^4 \left(\frac{LR}{EC} \right) (RF^{-1})(p^{-1}). \quad (3)$$

La variable Y_4 , aunque es la inversa de la variable Y_3 , tiene un sentido diferente, ya que expresa la cantidad de ingreso monetario producido por cultivo (en US\$ m^{-3}) que fue generado por metro cúbico de agua irrigada.

$$Y_4 = \frac{RM}{V} = \frac{RF(p)}{10\,000 \left(\frac{LR}{EC} \right)} = (10^{-4})RF(p) \left(\frac{LR}{EC} \right)^{-1}. \quad (4)$$

En la variable Y_5 se representa la relación entre la utilidad monetaria o ganancia (U) y el volumen (V) de agua empleado. El numerador es la utilidad Bruta (U) generada por el cultivo, la cual es igual a la diferencia entre el ingreso monetario por hectárea (RM) y el costo por hectárea (C). El denominador de esta ecuación es el mismo numerador que se señala en la ecuación Y_1 . Esta variable es expresada en dólar (US\$) generado de ganancia por metro cúbico de agua irrigada.

$$Y_5 = \frac{U}{V} = \frac{RM - C}{10\,000 \frac{LR}{EC}} = \frac{RF(p) - C}{10\,000 \frac{LR}{EC}}. \quad (5)$$

La variable Y_6 es la inversa de la variable Y_5 , tiene un significado diferente, pues se expresa en metros cúbicos de agua irrigada por dólar (US\$1) de utilidad.

$$Y_6 = \frac{10\,000 \left(\frac{LR}{EC} \right)}{U} = 10\,000 \left(\frac{LR}{EC} \right) (RF(p) - C)^{-1}. \quad (6)$$

La variable Y_7 es la división de Y_6 , entre el costo que tiene el metro cúbico de agua ($C\ m^{-3}$) para el productor. Expresada como un índice positivo mayor, menor o igual a la unidad, es adimensional; donde mayor a 1 indica que la utilidad generada por m^3 es superior a lo que el productor pagó por cada metro cúbico de agua, y menor a 1 señala que la utilidad generada es inferior a ese costo del agua.

$$Y_7 = \frac{Y_6}{Cm^{-3}}. \quad (7)$$

Como indicador de la importancia social del agua, se generó la variable Y_8 , que mide el número de empleos agrícolas producidos por hectómetro cúbico (1 millón de m^3) de agua empleada en el riego. Esta eficiencia social del agua es propuesta por algunos autores como la relación que existe entre el empleo y el agua consumida por el cultivo, utilizados en la evaluación de la productividad del agua (Hussain *et al.*, 2007); donde el numerador es el empleo generado por cultivo y el denominador es el volumen de agua irrigado en hectómetros cúbicos.

$$Y_8 = \frac{J/288}{10\,000 \left(\frac{LR}{EC} \right) / 1\,000\,000} = \frac{25}{72} \frac{(J) EC}{LR}. \quad (8)$$

La variable Y_9 determinó la productividad por hora de trabajo, medida como la cantidad de horas que se requieren para producir una tonelada de producto; donde el numerador es la cantidad de horas de trabajo invertidas en toda la superficie establecida con trigo, misma que se obtiene multiplicando el total de jornales del cultivo (J) por ocho, para así convertir los jornales en horas de trabajo; mientras el denominador es el rendimiento físico por hectárea de trigo en esa región.

$$Y_9 = \frac{8J}{RF}. \quad (9)$$

La variable Y_{10} expresa la ganancia obtenida por trabajador, donde el numerador es la utilidad (U) generada por cultivo descrita en Y_5 , y el denominador, que proviene de dividir el número de jornales (J) por hectárea entre 288, representa el número de empleos permanentes creados por el cultivo en una hectárea. El número 288 proviene de considerar que, socialmente, una persona trabaja seis jornadas por semana durante 48 semanas al año, es decir, 288 jornadas año⁻¹.

$$Y_{10} = \frac{U}{\left(\frac{J}{288} \right)} = 288 \frac{U_i}{J_i} \quad (10)$$

La variable Y_{11} indica la ganancia por hora de trabajo, donde el numerador es la utilidad o ganancia por hectárea (U) señalada en la variable Y_5 , y el denominador es la cantidad de horas de trabajo invertidas por hectárea, proveniente de multiplicar al número de jornales (J) por hectárea por ocho (el número de días por jornada). Se expresa en dólares (US\$) la ganancia por hora de trabajo.

$$Y_{11} = \frac{U}{8J}. \quad (11)$$

La variable Y_{12} determinó el punto de equilibrio (PE), igual que la división del costo por hectárea (C) entre el precio por tonelada (p) señalado en ecuaciones 3 y 5. Lo anterior tiene su sustento en considerar que el PE es el punto donde el ingreso monetario por hectárea $RM = Rf(p)$ es igual al costo por hectárea (C), por lo que al igualar $Rf(p)$ con C y despejar Rf , queda tal cual, señalada abajo la Y_{12} . Se expresa en toneladas por hectárea.

$$Y_{12} = PE = \frac{C}{p}. \quad (12)$$

La variable Y_{13} es adimensional, ya que es una relación entre el rendimiento físico por hectárea (RF) del cultivo entre el punto de equilibrio (PE), dado por Y_{12} , de tal forma que si Y_{13} es mayor a la unidad, el productor puede cumplir un crédito productivo, pues geométricamente se ubica en la zona de ganancia, y si Y_{13} es menor a la unidad, es vulnerable, ya que su producción no alcanza para cubrir los costos generados. Por ello, Y_{13} mide qué tan vulnerable es el productor a la obtención o no de un monto crediticio para llevar a cabo la producción.

$$Y_{13} = \frac{RF}{PE}. \quad (13)$$

RESULTADOS

Uso consuntivo del agua subterránea en la producción de trigo grano

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2012), en el estado de Baja California, durante el ciclo agrícola 2012 se cosechó un total de 172 682 ha, de las cuales el 41.80% (72 198 ha) fue de trigo grano. Asimismo, a nivel estatal, el ingreso generado por la producción agrícola fue de \$9 342.888 miles de pesos, de los cuales el trigo grano aportó el 17.8% (\$1666.708 miles de pesos) de ese valor bruto de la producción agrícola. Desglosando esas cifras, se encontró que el Valle de Mexicali contribuyó con 72 153 ha de trigo grano, de las 72 198 ha cosechadas a nivel estatal; es decir, el Valle de Mexicali contribuyó con el 99.93% de la superficie de trigo cosechada a nivel estatal, mientras que en Ensenada la producción de trigo es marginal, pues sólo contribuyó con 45 ha de trigo grano. La producción estatal de trigo se concentra en el Valle de Mexicali, ya que de las 466 388 t producidas a nivel estatal, Mexicali contribuyó con el 99.99% (466 247.80 t), mientras que en Ensenada sólo se produjeron 140 t.

El volumen total de agua usado en el estado de Baja California, para el riego del cultivo de trigo, ascendió a 698.88 millones de m^3 (Mm^3), de los cuales el 99.93%, es decir 698 440 Mm^3 , se emplearon en el Valle de Mexicali. Estos datos coinciden con Camacho (2010), quien determinó que en esta área la demanda anual es de 600 000 Mm^3 , que en su mayoría (66%) se irrigan mediante gravedad, dado que el cultivo de trigo se establece en melgas. Asimismo, esta información indica que la demanda de agua en la región ha ido aumentando, ya que la Conagua (2009) indicaba que el cultivo de trigo demandaba 673 996 Mm^3 .

Índices de productividad física y económica

El análisis de los conceptos que generan el costo total ha^{-1} indica la importancia relativa tanto en términos relativos como en términos absolutos. Los resultados muestran que los conceptos asociados con el riego y cosecha del trigo son inferiores en términos cuantitativos al representar 7.7% del costo total, mientras que los costos asociados a las labores culturales representaron el 28.6% del costo total. El agua empleada para el riego del cultivo de trigo es extremadamente importante por ser el principal factor limitante en tanto determina la producción del cultivo. Sin embargo, el precio del agua estipulado fue de $\$0.19 m^{-3}$ (equivalente a $US\$0.012$) para el riego de este cultivo.

Los precios del agua son importantes para la mejora de la demanda y de la conservación de este recurso (Takele & Kallenbach, 2001), aunque el precio del agua en la región del Valle de Mexicali y Ensenada, Baja California, es mayor al encontrado por Ríos *et al.* (2015) para los cultivos forrajeros en el Distrito de Riego 017, quienes determinaron un precio de $US\$ 0.02 m^{-3}$, oscilando desde $US\$ 0.03 m^{-3}$ en el *rye grass* (también llamado *zacate ballico*), hasta $US\$ 0.02 m^{-3}$ en avena forrajera; estos valores evidencian que el precio del agua en las regiones del norte de México es muy bajo comparado con otras regiones agrícolas del mundo, lo que contribuye con un uso ineficiente del recurso, dado que además de que estos precios no evidencian el valor real del agua. Algunos agricultores estadounidenses pagan entre $US\$ 0.01$ a $US\$ 0.05 m^{-3}$ empleado en el riego, mientras que la población en general paga $US\$ 0.30$ a $US\$ 0.80 m^{-3}$ por el agua tratada de uso doméstico (Gleick, 2003). Los agricultores de Israel para la producción de tomate pagan $US\$ 0.57 m^{-3}$, mientras para la producción de maíz grano pagan $US\$ 0.13$ y $US\$ 0.12$ para la producción de trigo (Pimentel *et al.*, 2014), lo cual evidencia que el precio del metro cúbico de agua en el Valle de Mexicali y Ensenada, Baja California, es muy bajo.

Los recursos hídricos son un motor económico importante en muchas regiones, ya que pueden limitar la producción de alimentos, generación de energía y las actividades en otros sectores económicos (Sauer *et al.*, 2010). En diferentes escalas (parcela, región, Distrito de Riego, cuenca hidrográfica), tanto la eficiencia física como económica tienen diferentes implicaciones y deben ser representados en diferentes formas. La eficiencia del riego física a escala de cuenca puede ser representada como la relación entre el consumo de agua de riego y la producción en biomasa que se generó al emplear esa cantidad de agua, mientras que la eficiencia económica del uso del agua de riego se refiere a los beneficios económicos generados al aprovechar esa cantidad de agua para la producción agrícola (Cai, Rosegrant & Ringler, 2003).

El análisis de la eficiencia del agua se observa en la tabla 1, donde se muestran los indicadores productivos, económicos y sociales. El uso eficiente del agua es uno de los índices más empleados en una gran variedad de cultivos en España (García, López, Usai & Visani, 2013; Lorite, García-Vila, Carmona, Santos & Soriano, 2012; Romero, García & Botía, 2006), sin embargo, en México existe muy poca información, y en algunos cultivos nulo conocimiento al respecto. En el presente estudio, el indicador de eficiencia física del cultivo de trigo en el Valle de Mexicali fue $0.668 kg m^{-3}$, encontrándose un índice menor en el trigo producido en Ensenada con $0.321 kg m^{-3}$, lo que muestra una menor eficiencia de este cultivo para convertir el agua en biomasa, ya que empleó un total de $3113 m^3 kg^{-1}$, en comparación con el cultivo de trigo en el Valle de Mexicali que empleó $1498 m^3 kg^{-1}$ (tabla 1).

No obstante, los valores del índice de productividad física se ubican por debajo de los indicadores determinados por Usman *et al.* (2012), quienes para Rechna Doab y Punjab, en Pakistan, determinaron un índice de $0.94 kg m^{-3}$ en trigo grano, mientras que Shabbir *et al.* (2012) establecieron un promedio de $0.43 kg m^{-3}$, indicador que estaría por debajo del determinado en el Valle de Mexicali. Otros autores, como Brauman, Siebert & Foley (2013) reportaron índices de $0.9 kg m^{-3}$ para Estados Unidos de América y $1.3 kg m^{-3}$ en China. Por otro lado, Aiken, O'Brien, Olson & Murray (2013) definieron un índice que oscila entre $0.28 kg m^{-3}$ – $0.62 kg m^{-3}$, lo cual indica que la región analizada presenta niveles de productividad del agua equiparables a los de otras regiones, sin embargo, aún deben aplicarse mejoras en la gestión del agua de riego con las cuales se incremente la productividad del agua en el cultivo de trigo grano.

Tabla 1.

Indicadores de eficiencia y productividad física (Y_1 y Y_2), económica (Y_3 a Y_6) y social (Y_7 a Y_{11}) del agua de riego por gravedad en trigo grano (*Triticum vulgare*) en Ensenada y Valle de Mexicali, Baja California.

Variable económica	Ensenada	Valle de Mexicali	Baja California
Y_1 = m ³ de agua por kilogramo	3.113	1.498	1.498
Y_2 = kilogramos/m ³ de agua	0.321	0.668	0.667
Y_3 = m ³ de agua por \$1 de ingreso bruto	1.100	0.419	0.419
Y_4 = Ingreso bruto/m ³ de agua	0.91	2.39	2.38
Y_5 = Utilidad bruta/m ³ de agua	- 1.51	- 0.03	- 0.03
Y_6 = m ³ de agua por \$1 de utilidad bruta	- 0.662	- 29.89	- 29.090
Y_7 = Utilidad bruta por m ³ /Precio del m ³ de agua al productor	- 8.13	- 0.18	- 0.18
Y_8 = Empleos generados por hectómetro	0.025	0.025	0.025
Y_9 = Horas de trabajo invertidas por tonelada	18.27	8.79	8.79
Y_{10} = Ganancia a nivel regional por trabajador	- 592 998	- 13 135	- 13 496
Y_{11} = Ganancia/hora invertida de trabajo	-257.4	-5.7	-5.9
Y_{12} = Punto de Equilibrio (ton ha ⁻¹)	8.27	6.55	6.55
Y_{13} = Vulnerabilidad crediticia (=Rendimiento físico por ha/ Y_{12})	0.38	0.99	0.99

Fuente: Elaboración propia, con base en cifras del SIAP (2012) y FIRA (2012).

El indicador de la variable Y_3 muestra que en el cultivo de trigo grano del Valle de Mexicali se requirió en promedio 0.419 m³ para generar 1 peso (MN\$) de ingreso, mientras que en Ensenada se empleó un total de 1.100 m³. En principio, ello muestra que son necesarias grandes cantidades de agua para generar 1 peso (MN\$) de ingreso, es decir, el empleo de 1 m³ de agua en la producción trigo grano generó \$2.39 (MN) de ingreso bruto en el Valle de Mexicali y \$0.91 (MN) en Ensenada (Y_4), observándose que en esta última región resultó improductiva en relación con la región de Mexicali, pues requirió más agua para generar la misma cantidad de ingreso. En ese sentido, Shabbir *et al.* (2012), encontraron un índice de 0.50 kg m⁻³ para esta misma variable. Estas diferencias se deben a las diversas condiciones climáticas, así como a la eficiencia en la aplicación del riego, si se trata de agricultura de riego o secano, así como a los precios que tenga el producto (Aldaya *et al.* 2010).

El índice de la Y_5 refleja el beneficio generado por metro cúbico de agua, mostrando ser más elevado en el Valle de Mexicali al generar una pérdida de -\$0.03 m⁻³, con respecto a los -\$1.51 m⁻³, obtenidos en Ensenada, lo cual indica que ambas regiones resultaron improductivas, pues mientras en el Valle de Mexicali se empleó un total de 698 440 millones de metros cúbicos, para el riego de poco más de 72 000 ha, y con ello se generó una ganancia negativa de -\$23.4 millones de pesos (MN); es decir, no existieron ganancias, indicando que a pesar de emplear esta gran cantidad de agua para el riego de trigo no se generó ganancia económica para la

región, evidenciando un uso no sustentable del recurso. A pesar de la importancia de este tipo de indicadores, la información que existe sobre la eficiencia económica generada por metro cúbico empleado en riego es escasa. Existen algunos trabajos desarrollados en el mediterráneo para hortalizas, frutales, cereales y oleaginosas; en este sentido, algunos autores determinaron en trigo que la utilidad bruta fue de € 0.23 m⁻³ (lo que equivale a US\$ 0.26), mientras que en girasol y maíz grano fue de € 0,53 m⁻³ (equivalente a US\$ 0,59) (García *et al.*, 2013; Romero *et al.*, 2006). Para Al-Qunaibet & Ghanem (2014), la región de Riyadh, Arabia Saudita, fue de US\$ 1.51 m⁻³ para el trigo grano.

Lo anterior muestra que el cultivo de trigo grano resultó económicamente improductivo en relación con el trigo producido en otras regiones del mundo, dado que se empleó gran cantidad de agua en la región (698 880 millones de m³), aunado a que la relación beneficio/costo de la producción de trigo fue negativa al ubicarse en 0.99 para el Valle de Mexicali y de 0.38 para Ensenada, Baja California. Por otro lado, se debe tomar en cuenta la cantidad de agua que se requiere invertir para generar 1 peso (MN\$) de utilidad (Y_6), pues de acuerdo con los resultados en el Valle de Mexicali se debe invertir un total de 29.89 m³ de agua para generar 1 peso (MN\$) de utilidad bruta. Este caso fue pérdida, mientras que en Ensenada se empleó un total de 0.662 m³ para generar esa misma pérdida, por lo que se deduce que aún cuando se incrementara la inversión de agua para la producción de trigo,

la rentabilidad del cultivo no estaría favoreciendo el ingreso generado, lo que implica un uso improductivo del agua.

El indicador de la variable Y_7 muestra la relación que existe entre el ingreso generado y el precio del metro cúbico. Así, el índice para el trigo del Valle de Mexicali fue -0.18 , lo que indica que de cada peso que el productor de trigo grano pagó por metro cúbico de agua se obtuvo solamente en retorno 0.82 centavos de ese peso (MN\$). Por otro lado, en Ensenada, el cultivo de trigo tuvo un índice de $-8,13$ (MN\$), expresando que el cultivo fue mucho más improductivo en términos económicos que el trigo del Valle de Mexicali. En este sentido, De Estefano & Llamas (2012) establecieron un indicador de $€ 0.24 \text{ m}^{-3}$ promedio para cereales. Por ello, García (2015) argumenta que a escala global la agricultura de regadío es reconocida como el sector que demanda un mayor volumen de agua, por lo que los agricultores tienen una gran responsabilidad en la conservación del recurso, y es crítico que hagan un uso eficiente del mismo.

Indicadores de eficiencia social

En cuanto a la eficiencia social del agua, que es la cantidad de empleos generados por hectómetro de agua, el indicador fue 0.025 (Y_9) para ambas regiones del Valle de Mexicali y Ensenada, Baja California. Este indicador es bajo en relación con otros cultivos como las hortalizas y los frutales, que requieren de una gran cantidad de mano de obra para actividades que no se realizan en otros cultivos forrajeros o cereales. En este sentido, García *et al.* (2013) determinaron un índice que osciló entre $24 - 62$ empleos hm^{-3} en la producción de hortalizas y frutales, en tanto que la producción de cultivos en invernadero generan hasta 190 empleos hm^{-3} . Ríos *et al.* (2015) determinaron un promedio para cultivos forrajeros en la Comarca Lagunera de 0.048 empleos hm^{-3} , oscilando de 0.037 empleos hm^{-3} en alfalfa y 0.076 empleos hm^{-3} .

La productividad horaria (Y_9), es decir la cantidad de horas de trabajo que se invierten por tonelada de producto (trigo grano), indica que en promedio se requirieron 8.79 h ton^{-1} , lo cual significa que para producir una tonelada de trigo se requiere invertir 8.79 horas de trabajo. Asimismo, se comprobó que el trigo de la región de Ensenada resultó menos eficiente en términos de productividad horaria al tener un indicador de 18.27 h ton^{-1} . De acuerdo con Dorward (2013), existen otras dos formas de expresar la productividad laboral para los indicadores estructurales,

pudiendo ser medida por el valor bruto de la producción generado en relación con el número de personas empleadas, por el número de horas trabajadas. Así, se precisó que cada trabajador dedicado a la producción de trigo grano en el Valle de Mexicali agregó al valor de esa cadena productiva $-\$13.496$ (MN\$) de pérdida por año, determinándose que el trabajador dedicado a producir trigo en Ensenada fue menos productivo, al generar $-\$592,998$ (MN\$) de pérdida. Estos índices se encuentran estrechamente relacionados con la cantidad de trigo producido, así como por el precio de mercado. A este respecto, existe una discusión generalizada sobre la productividad agrícola vista como productividad laboral, ya que regularmente se utilizan indicadores implícitos o explícitos relacionados con la productividad del cultivo.

En este sentido, se determinó que la ganancia por hora de trabajo invertida (Y_{11}) para la producción de trigo grano en el Valle de Mexicali fue de $-\$5.9 \text{ h}^{-1}$ (MN\$), lo que indica que este cultivo fue más productivo que el producido en Ensenada, mismo que generó $-\$257.4 \text{ h}^{-1}$ (MN\$), expresando que en términos económicos ambos cultivos resultaron improductivos en la utilización del agua.

La variable Y_{12} evidencia que bajo las mismas condiciones de cultivo, así como de mercado, la cantidad mínima que se requiere producir para tener una operación viable (punto de equilibrio) es de 6.55 ton ha^{-1} para el trigo del Valle de Mexicali y de 8.27 ton ha^{-1} para el trigo de Ensenada. Tomando en consideración la producción obtenida en cada una de las regiones analizadas, se observa que ambos se ubicaron por debajo del punto de equilibrio, con 3.11 ton ha^{-1} en Ensenada y 6.46 ton ha^{-1} , lo que los ubica como ineficientes económicamente, por ello es que todos los indicadores económicos. La variable Y_{13} evalúa la vulnerabilidad crediticia del cultivo, desde la perspectiva de cuántas veces cubre el rendimiento físico por hectárea al punto de equilibrio. De esa forma, la tabla 1 indica que en el caso del trigo del Valle de Mexicali, el rendimiento físico por hectárea (6.46 ton ha^{-1}) alcanzó a cubrir 0.99 veces las 6.55 ton ha^{-1} que tuvo como punto de equilibrio; es decir, al cultivo de esta región le faltó producir 0.09 ton ha^{-1} para recuperar solamente lo invertido; mientras que el mismo cultivo en Ensenada alcanzó a cubrir sólo 0.38 veces su punto de equilibrio, lo cual también nos señala que el cultivo tuvo una relación beneficio/costo igual a 0.38 , mientras que el trigo del Valle de Mexicali tuvo una $R B/C$ de 0.99 , significando que la producción de trigo en ambas regiones no es rentable.

CONCLUSIONES

La determinación de índices de productividad física y financiera pueden ser empleados como indicadores de eco-eficiencia, rendimiento y presión sobre el medio ambiente. Se observó que el precio real del agua es muy bajo (\$0.19 m⁻³), en relación con otras regiones agrícolas del mundo. Esto obliga a los agricultores a buscar formas de maximizar la rentabilidad de los cultivos y lograr la sostenibilidad integral (socioeconómica y ambiental) de la agricultura de regadío. En esta situación se encuentra el sector productor de trigo grano en la región del Valle de Mexicali y Ensenada, Baja California, donde este cultivo es considerado uno de los de mayor importancia económica y social.

Se concluye que la eficiencia y productividad del cultivo de trigo grano del Valle de Mexicali, en términos tanto productivos como socioeconómicos, fueron altos en comparación con el trigo producido en Ensenada, Baja California. Sin embargo, la productividad económica en ambas regiones resultó deficiente al contrastarlas con otras regiones productoras de trigo. Por ello, sin duda, la producción de trigo debería promoverse estratégicamente para elevar la productividad del agua en la región, dentro de las cuales se encuentran: *i*) incrementar los rendimientos de los cultivos por unidad de agua, *ii*) reducir todas las pérdidas (en drenaje, filtrado y percolación), incluyendo las pérdidas por evaporación, *iii*) incrementar la eficiencia del riego del agua de lluvia y de los acuíferos, tomando en cuenta que la producción de grano es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria nacional, así como la seguridad de la subsistencia de miles de personas que dependen de la agricultura.

REFERENCIAS

- Aiken, R. M., O'Brien, D. M., Olson, B. L., & Murray, L. (2013). Replacing fallow with continuous cropping reduces crop water productivity of semiarid wheat. *Agronomy Journal*, 105(1), 199-207.
- Aldaya, M. M., Martínez-Santos, P., & Llamas, M. R. (2010). Incorporating the water footprint and virtual water into policy: Reflections from the Mancha Occidental Region, Spain. *Water Resources Management*, 24(5), 941-958.
- Al-Qunaibet, M. H., & Ghanem, A. M. (2014). Economic Efficiency in Wheat Production, Riyadh Region, Saudi Arabia. *Life Science Journal*, 11(12), 680-683.
- Brauman, K. A., Siebert, S., & Foley, J. A. (2013). Improvements in crop water productivity increase water sustainability and food security—a global analysis. *Environmental Research Letters*, 8(2), 24-30.
- Cai, X., Rosegrant, M. W., & Ringler, C. (2003). Physical and economic efficiency of water use in the river basin: Implications for efficient water management. *Water Resources Research*, 39(1), 1-12.
- Camacho, M. P. (2010). *Los sistemas de información geográfica como herramientas para el diagnóstico integral y el mejoramiento de la operación del Distrito de Riego 014 Río Colorado, B. C. y Sonora* (tesis de maestría). Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo: Texcoco, Estado de México.
- Camargo-Bravo, A., & García-Cueto, R. O. (2012). Evaluación de dos modelos de reducción de escala en la generación de escenarios de cambio climático en el Valle de Mexicali en México. *Información tecnológica*, 23(3), 11-20.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2009). *Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2007-2008* (387 pp.). México: Conagua.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2012). *Programa hídrico por organismo de Cuenca. Visión 2030, Península de Baja California* (302 pp.). México: Semarnat.
- D'Riego (2006). *Sistema para la estimación de las demandas de agua y obtención de calendarios de riego para cultivos de los Distritos de Riego del país. Versión 1.0, para Windows*. México: El Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID-RASPA) / Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Agropecuarias (INIFAP).
- De Stefano, L., & Llamas, M. R. (Eds.). (2012). *Water, agriculture and the environment in Spain: can we square the circle?* (301 pp.). USA: CRC Press.
- Dorward, A. (2013). Agricultural labour productivity, food prices and sustainable development impacts and indicators. *Food Policy*, 39(2), 40-50.
- Fergusson, CH. E. & Gould, J. P. (1987). *Teoría microeconómica*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) (2012). *Sistema de elaboración de Costos Agropecuarios. Modulo Agrícola de FIRA*. Recuperado el 10 de mayo del 2015 de www.fira.gob.mx
- Flores, E. (1987). *Tratado de economía agrícola*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2003). *Descubrir el potencial del agua para la agricultura* (72 pp.). Roma, Italia: FAO.
- García, E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República mexicana* (246 pp.). México: UNAM.
- García, J. G., López, F. C., Usai, D., & Visani, C. (2013). Economic Assessment and Socio-Economic Evaluation of Water Use Efficiency in Artichoke Cultivation. *Open Journal of Accounting*, 2(2), 45-52.
- García, M. J. (2015). *Hacia el riego de precisión en el cultivo de fresa en el entorno de Doñana* (tesis de doctorado). Escuela Internacional de Doctorado en Agroalimentación eidA3, Campus Rabanales, Universidad de Córdoba: España.
- Gleick, P. H. (2003). Global freshwater resources: soft-path solutions for the 21st century. *Science*, 302(5650), 1524-1528.

- Hoekstra, A. Y. (2008). *Water neutral: Reducing and offsetting the impacts of water footprints. Value of Water Research Report Series No 28*. Delft, Netherlands: UNESCO-IHE. Recuperado el 22 de mayo de 2014 de <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report28-WaterNeutral.pdf>
- Hoekstra, A. Y., & Chapagain, A. K. (2007). Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. *Water resources management*, 21(1), 35-48.
- Hussain, I., Turrall, H., & Molden, D. (2007). Measuring and enhancing the value of agricultural water in irrigated river basins. *Irrigation Science*, 25(3), 263-282.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2007). *La agricultura en Baja California. Censo Agropecuario 2007* (79 pp). Aguascalientes, Aguascalientes, México: INEGI.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2005). *Estadísticas climatológicas básicas del estado de Sonora (Periodo 1961-2003)*. Libro Técnico Número 1. INIFAP-CIRNO, Cd Obregón Sonora, México. (172p). Recuperado el 29 de octubre del 2015 de <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3414/Estadisticas%20climatologicas%20basicas%20para%20el%20estado%20de%20Sonora.pdf?sequence=1>
- Kijne, J. W., Barker, R., & Molden, D. (Eds.) (2003). *Water productivity in agriculture: Limits and Opportunities for Improvement. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, CABI Publication, Wallingford UK*. 332p. Recuperado el 29 de octubre de 2015 de <http://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20033158264/>
- Lorite, I. J., García-Vila, M., Carmona, M. A., Santos, C., & Soriano, M. A. (2012). Assessment of the irrigation advisory services' recommendations and farmers' irrigation management: a case study in southern Spain. *Water resources management*, 26(8), 2397-2419.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2010). A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(7), 1259-1276.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hidrology and Earth Systems Sciences*, 15(5), 1577-1600.
- Molden, D., Sakthivadivel, R., & Zaigham, H (2001a). *Basin-level use and productivity of water: examples from South Asia. Research report no. 49*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI).
- Molden, D., Upali, A., & Intizar, H. (2001b). *Water for rural development: background paper on water for rural development prepared for the World Bank, IWMI Working paper 32*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI).
- Pimentel, D., Berger, B., Filiberto, D., Newton, M., Wolfe, B., Karabinakis, E., & Nandagopal, S. (2014). Water resources: agricultural and environmental issues. *BioScience*, 54(10), 909-918.
- Reyes, M. A., & Quintero, S. M. L. (2009). Problemática del agua en los distritos de riego por bombeo del estado de Sonora. *Revista Digital Universitaria*, 10(8), 3-15.
- Ríos, F. J. L., Torres, M. M., Castro, F. R., Torres, M. M. A., & Ruiz, T. J. (2015). Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO*, 47(1), 93-107.
- Rodríguez-González, R. E., Paz Hernández, J. J., Iñiguez Monroy, C. G., Rueda Puente, E. O., Avendaño-Reyes, L., Cruz-Villegas, M., & García López, A. M. (2014). Estabilidad de rendimiento en trigo en Valle de Mexicali, México. *Phyton (Buenos Aires)*, 83(1), 65-70.
- Romero, P., García, J., & Botía, P. (2006). Cost-benefit analysis of a regulated deficit-irrigated almond orchard under subsurface drip irrigation conditions in Southeastern Spain. *Irrigation Science*, 24(3), 175-184.
- Sauer, T., Havlík, P., Schneider, U. A., Schmid, E., Kindermann, G., & Obersteiner, M. (2010). Agriculture and resource availability in a changing world: The role of irrigation. *Water Resources Research*, 46(6), 1-12.
- Seckler, D., Molden, D., & Sakthivadivel, R. (2003). The concept of efficiency in water resources management and policy. *Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement* (37-59 pp.). Wallingford UK: CABI Publication.
- Shabbir, A., Arshad, M., Bakhsh, A., Usman, M., Shakoore, A., Ahmad, I., & Ahmad, A. (2012). Apparent and real water productivity for cotton-wheat zone of Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 49(3), 357-363.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2012). *Anuarios estadísticos de la producción agropecuaria*. México: Sagarpa/SIAP. Recuperado el 30 de mayo de 2014 de <http://www.siap.gob.mx/>
- Takele, E., & Kallenbach, R. (2001). Analysis of the Impact of Alfalfa Forage Production under Summer Water Limiting Circumstances on Productivity, Agricultural and Growers Returns and Plant Stand. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 187(1), 41-46.
- Teixeira, A. D. C., & Bassoi, L. H. (2009). Crop water productivity in semi-arid regions: From field to large scales. *Annals of Arid Zone*, 48(3), 1-13.
- The United Nations World Water Development (UN-Water) (2012). *Managing Water under uncertainty and risk. World Water Assessment Programed (WWAP). Report 4* (861 pp). Paris, France: Unesco.
- Usman, M., Kazmi, I., Khaliq, T., Ahmad, A., Saleem, M. F., & Shabbir, A. (2012). Variability in water use, crop water productivity and profitability of rice and wheat in Rechna Doab, Punjab, Pakistan. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22(4), 998-1003.
- Viets, F. G. (1962). Fertilizers and the efficient use of water. *Advances Agronomy*, 14(1), 223-264.
- Viets, F. G. (1966). Increasing water use efficiency by soil management. In *Plant environment and efficient water use* (295 pp). Guilford Rd., Madison, USA: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America.