



Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

Factores de productividad de cultivos en zonas de riego del altiplano Zacatecano

ELIVIER REYES RIVAS¹

LUZ EVELIA PADILLA BERNAL²

JOSÉ ROBERTO HERNÁNDEZ GONZÁLEZ²

RESUMEN

El trabajo tiene como objetivo evaluar el desempeño productivo y económico de cultivos de riego en el altiplano de Zacatecas considerando factores de productividad, tales como, agua y suelo. Aplicando indicadores de eficiencia de los sistemas productivos propuestos por Sánchez (2006) y Molden *et al.* (1998), se plantea que dadas las características productivas agrícolas del área, es posible identificar cultivos cuyos requerimientos de agua y suelo son diferentes, pero esto no será indicativo de un mayor beneficio en términos de sustentabilidad de los recursos. De acuerdo con los resultados obtenidos existen diferencias significativas en la EMUT y EMUA, lo que indica también diferencias en los beneficios y por lo tanto en la eficiencia del uso de los recursos utilizados.

Palabras clave: Eficiencia productiva, recurso natural, cultivo agrícola

ABSTRACT

The study aims to evaluate the productive and economic performance of irrigated crops in the highlands of Zacatecas considering productivity factors, such as water and soil. By applying indicators of efficiency of production systems proposed by Sánchez (2006) and Molden *et al.* (1998), it suggests that given the agricultural productive characteristics of the area, it is possible to identify crops whose water requirements and soil are different, but this will not be indicative of a greater benefit in terms of resource sustainability. According to the results there are significant differences in EMUT and emua, which also indicates differences in benefits and therefore the efficiency of the use of the resources used.

Keywords: Production efficiency, natural resource, agricultural crop

¹ ¹Profesor-Investigador del Centro de Estudios Prospectivos, Universidad Autónoma de Zacatecas.

² ²Profesores-investigadores de la Unidad Académica de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Zacatecas.

ANTECEDENTES

Los distintos eventos que hoy se conjugan como parte de las preocupaciones en amplios sectores de la sociedad, a saber: del cambio climático, crisis alimentaria y el evidente deterioro de la base productiva natural, son circunstancias que se colocan a su vez en el itinerario de análisis y discusión de instituciones nacionales y organismos internacionales. Los distintos foros que sobre el tema se han realizado, por lo menos desde finales de los años 80's después de publicarse el informe Brundtland en el que relaciona el problema de degradación ambiental al tipo de crecimiento económico, advierte al mismo tiempo los riesgos de la sobreexplotación y la necesidad de mejorar la productividad por unidad natural disponible, cuyos recursos pueden ser algunos insustituibles para mantener los ecosistemas y la civilización humana en el planeta (Cotler *et al.*, 2007).

Desde principios del presente siglo ya se hacían estimaciones que 40% de la población mundial habitaba en zonas con estrés hídrico² (GEF, 2002), cuya disponibilidad per-cápita de agua se encontraba por abajo de 700 m³ (Indhri, 2010: 70). Situación que se ha logrado atenuar por la construcción de obras de infraestructura.

Por su parte la FAO (2012), refiere que el 25% de las tierras para cultivo están degradadas alcanzando en algunas regiones niveles críticos cuyo problema se agrava cada vez más por la escasez de agua. Se prevé que para el año 2050 la actividad agrícola tendrá 40% menos de la que dispone ahora (OCDE, 2012).

Actualmente, el 70% del agua dulce en el mundo se destina a la agricultura, pero otras regiones como Oriente Medio y Asia requirieren hasta el 90%. De manera que, incrementar la productividad agrícola con el uso de mejores técnicas de aprovechamiento y el fortalecimiento de sistemas de innovación será una prioridad en el futuro (Bioversity *et al.*, 2012).

Se argumenta que la disminución de la productividad agrícola esta relacionada con la degradación y el uso insostenible de recursos; puesto que, al disminuir la productividad por unidad de tierra, los productores agrícolas tienden a buscar otras áreas que muchas ocasiones no son aptas para la agricultura (CMSDS, 2002). En el mismo foro se señaló que en países en vías de desarrollo, la tierra cultivable per-cápita se había reducido de 0.32 a 0.21 ha entre 1961 y 1999, con posibilidades a reducirse a 0.16 ha para el año 2030.

De acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2000), eventos como la degradación del suelo³ conforma una de las principales amenazas para la producción de alimentos para la humanidad, ya que la formación de pocos centímetros de suelo requieren cientos, incluso miles de años, por lo que es considerado un recurso no renovable (Cotler

² La etapa de estrés hídrico es previa a la etapa de escasez hídrica crónica. A ésta puede seguir una de estrés absoluto, estimada en una disposición de 500 m³ por persona durante el año, siendo 100 m³ el nivel de supervivencia (Indhri, 2010:71).

et al., 2007). Además, la importancia del suelo no sólo radica en las funciones de producción alimentaria sino también en la calidad del agua al ser un medio filtrante.

Para Zinck (2005:8) citando a Oldeman, señala que debido a la intervención humana la degradación del suelo es más notoria, puesto que de 130 millones de Km² que comprende la superficie terrestre del planeta, 10.94 millones de Km² tiene problemas de erosión hídrica, 5.49 millones de Km² erosión eólica, 2.39 millones de Km² degradación química y 0.83 millón de Km² degradación física, cuya suma (19.65 Km²) representan el 66% de las tierras cultivables del mundo. El mismo Zinck (2005:9) citando a Lal, agrega que de los 75 millones de toneladas de suelo que se pierden cada año por erosión hídrica tiene relación directa con la pérdida de la productividad en las parcelas. Esta disminución implica que los productores dejan de recibir aproximadamente 5.4 mil millones de dólares por año, mientras que por erosión eólica su equivalente es de 1.8 mil millones de dólares (UNEP, 1994: 40).

Estudios realizados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Colegio de Posgraduados (CP) (2002), concluyeron que más del 45% de la superficie de la república mexicana presentaba algún grado de degradación por efecto de actividad agropecuaria. Por su parte Cotler *et al.* (2007) estimaba que la degradación del suelo en México había alcanzado dimensiones importantes cuyas consecuencias tenderían a incrementar costos de producción y hacer menos rentable la actividad agropecuaria.

Magulis (1992), al realizar una evaluación económica en México sobre el impacto que representa la erosión hídrica en la productividad de cultivos de maíz, sorgo, trigo y soya; concluyó que la incidencia de dicho fenómeno alcanzaba los mil millones de dólares. En tanto Mc Intire (1994), en su valoración sobre la conservación del suelo en México encontró que el valor económico por erosión hídrica equivalía, sólo para el cultivo de maíz, entre 2.7 y 12.3% del PIB nacional.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CNA) (2011a:8), México posee una extensión territorial de 1,964 millones de km², de los cuales 1,959 millones de km² corresponden a la superficie continental (en la última década se cosecharon más de 5 millones 127 mil ha de riego cuya ocupación fue de 13.8% de la población nacional en 2011⁴). El mismo organismo indica que el territorio mexicano dispone de 460 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable (disponibilidad natural media), siendo la región Centro-Norte y Norte donde se presenta largos periodos de sequía.

³ Por erosión (hídrica y eólica), contaminación, pérdida de fertilidad, salinización/acidificación y compactación del suelo.

⁴ Según INEGI (2012) de la población total ocupada en 2011 (48 732 252), 6 737 884 personas se ocuparon en el sector agropecuario.

En relación con el agua subterránea, México cuenta con 653 acuíferos. De los cuales el 16.1% hasta la primera década del presente siglo se consideraban sobreexplotados,⁵ 20% más que en 1985 y 68% más que en 1970 (CNA, 2011b:48-50). Sin embargo, a pesar de éstas estimaciones de éstos acuíferos se extrae el 53.6% del agua que abastece, tanto a la agricultura como a servicios urbanos e industriales. Asimismo, del total de agua concesionada para uso consuntivo (80,587 hkm³)⁶, el 63% proviene de aguas superficiales y el 37% del subsuelo. De ese volumen, 76.7% se utiliza para la agricultura, 18.2% para uso urbano e industrial y 5.1% para hidroeléctricas.

En relación con Zacatecas, es una región predominantemente árida y semiárida cuyo promedio de lluvia por año se establece en 463 mm. Lo que sugiere una disponibilidad baja y mayor dependencia del agua subterránea, ya que del volumen concesionado (1,467.1 hm³) el 90.5% se destina a la actividad agrícola (CNA 2010:210; CNA, 2011a: 49).

La principal fuente de agua en el estado proviene de 34 acuíferos, pero se estima que el 55% se encuentran sobreexplotados⁷ o presentan algún grado de déficit en su recarga (Mojarro *et al.*, 2010:2). A pesar de ello, logran irrigarse más de 130 mil hectáreas.

PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN

La evaluación de la productividad de los recursos naturales resulta esencial para el óptimo aprovechamiento y garantizar con ello la sustentabilidad de los mismos (Sánchez *et al.*, 2006). Se tiene la idea de que una agricultura sustentable involucra fundamentalmente la conservación de los recursos naturales a largo plazo, cuyo fin no debe ser la búsqueda de producción óptima, costos mínimos o niveles de ingreso significativos, sino la responsabilidad de satisfacer las necesidades alimentarias futuras (Zinck *et al.*, 2005).

En el Plan Estatal de Desarrollo de Zacatecas (PED) (2011-2016), se reconoce en sí la importancia de los recursos naturales y el uso sustentable de los mismos. Se acepta que el uso inadecuado del suelo ha provocado degradación de 3.16 millones de hectáreas. En relación con el agua, se menciona que es escasa y que la principal fuente de abastecimiento es el subsuelo (Godezac, 2011). Por las características agroecológicas del Estado, éstas circunstancias resultan sumamente sensibles para el desarrollo productivo, económico y social, ya que sigue siendo el sector que más contribuye a la economía del Estado (36.5% con base al ITAEE⁸) y donde se ocupan poco más de 6.5 millones de personas. Además, por su ubicación geográfica se tiene una precipitación promedio de 463 mm

⁵ La sobreexplotación indica que el agua que se extrae es mayor a la recarga del acuífero mediante filtración.

⁶ 1 km³ = 1 000 hm³ = mil millones de m³.

⁷ Según CNA (2011a), el 44% de los acuíferos están bajo esta condición

⁸ El ITAEE, sigue los mismos principios y normas contables del cálculo anual del PIB por Entidad Federativa y del PIB Trimestral, brindando información oportuna sobre el desarrollo de la situación económica de las entidades federativas del país, en el corto plazo (INEGI,2014).

al año con largos periodos de sequía, por lo que la recarga de acuíferos resulta insuficiente y en consecuencia abatimiento de los mismos (CNA, 2011a). Según éste organismo, el Estado consume 1,467.1 millones de m³, de los cuales sólo 23% proviene de almacenamientos superficiales y el resto del subsuelo.

Aproximadamente el área irrigada aporta el 50% de la producción total del estado (SIAP, 2013), y la productividad de los cultivos bajo este sistema es tres veces mayor a los que se cultivan de temporal. Sin embargo, la ineficiencia en los sistemas de riego y el uso tradicional del agua hace que se pierda ente el 40 y 60% del agua extraída (CNA, 2007). Situación que complica aún más el escenario sobre el agua, evidenciando a la vez el riesgo potencial de no reflexionarse y atender el problema.

En el país y Zacatecas en particular se han señalado diversas causas que motivan el desperdicio de agua; uso ineficiente, extracción excesiva, no se añade un costo adicional, tarifa eléctrica subsidiada, insensibilidad e indiferencia de productores e incumplimiento de la normatividad (Muñoz, 2019: 9; Ávila *et al.*, 2005). En el estudio de Mojarro *et al.* (2010), también se reconoce que los subsidios y el no cobro del agua, ha provocado que en Zacatecas se haya incrementado la superficie con cultivos altamente demandantes de agua: como son las hortalizas (19% el jitomate y 66% la lechuga).

Por ello, al evaluar el desempeño económico de los cultivos de riego con base a factores de productividad, permitirá contar con referentes para mejores decisiones en el aprovechamiento de agua y uso del suelo. Se asume que un incremento en la productividad en la agricultura promueve un mejor desarrollo económico y social de la población rural, puesto que al decrecer ésta se pierden alternativas de empleo e ingreso. Al mismo tiempo, se reconoce la influencia de otros factores que pueden ser determinantes en los niveles de producción; factor agroecológico, tipo de suelo, contenido de materia orgánica, profundidad, textura y topografía de suelo, el grado de erosión, la precipitación o problemas fitosanitarios, entre otros. El factor económico-social; precio del producto obtenido, mercado del producto, preferencias del consumidor, calidad del producto, hábitos alimenticios. El factor cultura; costumbres o tradiciones del productor para adoptar cierto sistema de producción, así como aplicar innovaciones tecnológicas, etc. Todos éstos que pueden analizarse desde un punto de vista más integral.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desempeño productivo y económico de cultivos en zonas de riego del altiplano zacatecano con base en factores de productividad, principalmente agua y suelo. Se pretende

determinar cual es el beneficio que se logra obtener y el grado de utilización de estos recursos en términos de la sustentabilidad de los mismos.

Objetivos específicos

- Identificar las principales zonas de riego con base en la disponibilidad de agua y suelo para la actividad agrícola.
- Identificar los principales cultivos y su relevancia económica que se establecen bajo el régimen hídrico de riego en el estado de Zacatecas.
- Determinar con base en indicadores de productividad el grado de eficiencia con lo que están siendo utilizados, por regiones, los recursos agua y suelo.

Hipótesis

Dadas las características productivas agrícolas que se presentan en el estado, es posible identificar cultivos cuyos requerimientos de agua y suelo sean diferentes, pero ello no será indicativo de mayor beneficio en términos de sustentabilidad, para el productor como en la conservación de los recursos cuyos esquemas de producción podrían ser un indicativo de mayor deterioro. Así, los niveles de productividad mostrada por cultivo, el precio del producto obtenido resulta un factor determinante, y el rendimiento por unidad dependerán del sistema de producción empleado.

MARCO TEÓRICO

Varios son los factores que pueden determinar la productividad agrícola, bien sea aumentándola o disminuyéndola. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que la productividad agrícola no es una medida absoluta, más bien es un reflejo de la relación entre los factores que participan en un momento determinado, ya que pueden presentarse algunos que no estén bajo control del mismo productor. Por ejemplo, climáticos o fitosanitarios.

La productividad agrícola se define como el cociente entre un nivel de producción dado y los factores que intervienen. Pero puede también indicar el grado de eficiencia general al considerar todos los factores utilizados, la cual se conoce como la productividad total de los factores (Zepeda, 2001:4). Sin embargo, los cambios que se den en los factores que participan generalmente se asocian con la innovación tecnológica. Un incremento en la productividad suele indicar mejores condiciones productivas y mejor aprovechamiento de los recursos utilizados.

En las evaluaciones sobre productividad de recursos naturales se acepta su importancia a razón de promover un uso óptimo de éstos (Sánchez *et al.*, 2006). Dentro de las múltiples variables que intervienen en la agricultura, como el tipo de tecnología aplicado, el tipo de sistemas productivos, la

infraestructura, el clima, el mercado del producto, aspectos sociales y culturales, entre otros, tienden a condicionar la productividad de algún recurso específico (Molden *et al.*, 1998).

Según De Juan (1996) pueden distinguirse varias fórmulas para determinar la productividad, cuya valoración depende del propósito que se busque. El autor sostiene que la productividad es un término que utiliza la economía política para valorar o relacionar el output (producción) e inputs (insumos) de las distintas ramas productivas, y que generalmente suele determinar el grado del progreso técnico y el tipo de trabajo invertido para obtener un producto final.

En el caso de la valoración de la productividad del trabajo existen tres formas para su estimación; la directa, la aparente y la integral. La primera relaciona la producción efectiva o el output total de un bien (q_i) entre el número de trabajadores directamente ocupados por el sector que produce ese bien (L_i). La segunda considera el valor añadido que es por regla será menor al de la productividad directa, puesto que un incremento de la producción efectiva (con el mismo trabajo directo y menos bienes intermedios) afectará menos al valor añadido (VA_i), y por tanto, no se manifestará en ganancias de productividad. La tercera se refiere a la productividad integral que consiste en dividir la producción efectiva o outputs final entre el trabajo total (directos e indirectos). Esta última permite identificar la interdependencia sectorial a incluir la producción neta que es la diferencia de la producción efectiva y la parte que es absorbida por otros sectores. Existe la posibilidad de determinar la productividad parcial al medir sólo una parte de los factores que se utilizan, que en términos del concepto de competitividad no sería suficiente para emitir una conclusión.

METODOLOGÍA

De acuerdo con Sánchez (2006), Molden *et al.* (1998) y Rimshaw (1988), existen indicadores para cuantificar o medir el desempeño productivo y económico de los sistemas de producción agrícolas. Estos indicadores son utilizados generalmente para identificar los puntos vulnerables dentro algún sistema productivo, en el cual poden tomarse las medidas más adecuadas para promover mejoras en el proceso. Un indicador consiste en relacionar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie y la cantidad de agua utilizada (Molden *et al.*, 1998). Mediante las siguientes ecuaciones puede determinarse lo anterior:

Ingreso por unidad

$$I_{ac} = \frac{R}{A_i} ; I_{ac} = \text{Ingreso por unidad}; R = \text{Rendimiento por unidad de superficie}; A_i = \text{Ganancia por}$$

área de riego cultivada

Ingreso por volumen de agua utilizado

$$I_v = \frac{R}{A_e} \quad I_v = \text{Ingreso por volumen de agua utilizado}; R = \text{Rendimiento por unidad de superficie}; A_e =$$

Ganancia por volumen de agua proveído

Para poder determinar lo anterior es necesario igualar los rendimientos de los cultivos de interés a un rendimiento equivalente, y esto se logra mediante la siguiente ecuación:

$$RE = REC \times \frac{P_c}{P_{cb}} \quad ; \quad RE = \text{rendimiento estandarizado}; REC = \text{Es el valor comercial del cultivo de}$$

interés; P_c = Es el precio del producto

El modelo aplicado por Sánchez *et al.* (2006), propone calcular el valor bruto estandarizado a fin de comparar la operatividad de los sistemas de producción sin interesar que tan diferentes son y donde se encuentren. Para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$VBEP = \left[\sum_{i=1}^n A_i REC_i \frac{P_{c_i}}{P_{cb}} \right] P_m \quad ;$$

A_i = área del cultivo i ; REC = Rendimiento comercial del cultivo de interés; P_c = precio del cultivo a estandarizar; P_{cb} = precio del cultivo base; P_m = Precio del cultivo base en el mercado internacional.

Al obtener los valores anteriores se puede determinar la eficiencia o la productividad de uso del suelo y el cultivo de interés se obtiene al relacionar la superficie irrigada con el área considerada, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$EMUS = \frac{VBEP}{AI} \quad ; \quad EMUS = \text{Eficiencia monetaria por superficie}; VBEP = \text{Valor de la producción}$$

estandarizado; AI = Área irrigada; P_{cb} = precio del cultivo base (cultivo que más se siembra o de mayor preferencia de los productores).

Cabe señalar que existen otros métodos para determinar los niveles de productividad, por ejemplo: el método Divissa que se utiliza para definir funciones de producción continuas que son homogéneas en insumos y productos (Olavarría *et al.*, 2004). Este método utiliza el índice de Törnqvist que comúnmente se utiliza para medir la productividad total de los factores. Sin embargo, el método se considera inconsistente al suponer que la eficiencia de la producción es constante y que los cambios en la productividad se propician a razón de la innovación tecnológica.

Godínez *et al.* (2006) al determinar el precio económico del agua en 14 cultivos de la región de la Comarca Lagunera en México apoyándose en indicadores de precios sombra y productividad marginal, utiliza un modelo basado en la programación lineal estableciendo como factores la mano

de obra, tierra y agua en las distintas actividades. Asimismo, utiliza una función de producción para relacionar las ganancias con el volumen de agua utilizada. Dentro de las variables que el modelo requiere se encuentra los costos de producción, precios, rendimientos, superficie cosechada, mano de obra por hectárea, requerimiento de agua por hectárea y cultivo. Éste modelo a diferencia del de Cobb-Duglas presenta un mejor ajuste; ya que la derivada parcial de la relación funcional del beneficio neto con respecto al beneficio total, proporciona la productividad marginal neta del recurso utilizado.

RESULTADOS

Dadas las características geográficas y productivas del territorio zacatecano se encuentra dividido en ocho Distritos de Desarrollo Rural (DDR) (Concepción del Oro; Fresnillo, Jalpa, Jerez, Ojocaliente, Río Grande, Tlaltenango y Zacatecas. El presente trabajo se desarrolló básicamente en tres distritos (Fresnillo, Zacatecas y Ojocaliente que en total abarcan 22 municipios).

De acuerdo con la producción agrícola del 2014 publicada la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través de sus sistemas de información. En el DDR de Zacatecas se sembraron 41 cultivos con una superficie de 52,775 hectáreas y un valor de producción 3,468.6 millones de pesos; el DDR de Fresnillo 36 cultivos con una superficie sembrada de 33,984 hectáreas y un valor de producción 1,82.2 millones de pesos, el DDR de Ojocaliente se sembraron 40 cultivos con una superficie de 33,616 hectáreas y un valor de 1,081.4 millones de pesos. La suma de la superficie sembrada entre éstos tres distritos representaron el 79% del total de la superficie de riego en el estado, y el 87.1% del valor total de la producción.

Cabe mencionar que para este año en todo el territorio zacatecano se sembraron en total un millón 289 hectáreas (riego y temporal) con un valor de producción de 12,750.6 millones de pesos, de los cuales la superficie bajo riego represento el 12% y aportando el 53% el valor total de la producción. Para determinar los índices de eficiencia en el uso de agua se consideran dos cuestiones fundamentales; por un lado, las entradas (el riego y el agua de lluvia) y, por el otro, las salidas (evapotranspiración). Para un volumen de agua dado en el suelo durante un cierto periodo de tiempo, la diferencia entre la cantidad de agua añadida y la cantidad de agua perdida es igual a la variación del contenido de humedad. Cuando las entradas exceden a las salidas, la variación de contenido de humedad es positiva y negativa en caso contrario.

Para el caso de las entradas el suministro se da a través de la precipitación efectiva (agua de lluvia que puede aprovechar la planta) y el propio riego; en cambio las salidas se asocian otros elementos como son la evapotranspiración (o consumo de agua por cultivo por efecto de la evaporación y transpiración de la planta), el escurrimiento (escorrentía) y el drenaje. Se señala que cuando la

precipitación es mayor a 5 mm puede considerarse útil para los cultivos cíclicos y de 10 mm para los frutales (Servín *et al.*, 2012:13).

En los indicadores sobre uso de agua por cultivo se utiliza información sobre valores de uso consuntivo que fueron estimados por el INIFAP, Campo Experimental Calera (Rincón *et al.*, 2004: 6). Sin embargo, una de las limitantes que surgen es que dichos valores son determinados de manera general para todo el estado, lo que condiciona ciertas diferenciaciones que pudieran registrarse en cada DDR y cultivo. Los cuadros 1,2 y 3 muestran los resultados del desempeño económico (eficiencia económica) sobre el uso de agua y suelo.

Cuadro 1. Índice de eficiencia de agua y suelo del distrito de Zacatecas, ciclo agrícola 2013.

Cultivo	A (ha)	REC (t/ha)	V (t)	Pt (\$/t)	VBP	VBEP	Et	EMUA	EMUT
Ajo	1 241	15	18 838	7 269	3555	136 932 040	67	2,043,762	2,861
Alfalfa verde	3 305	94	309 690	379	3 048	117 388 154	150	782,588	2,453
Avena forrajera en verde	2 405	27	65 969	294	503	19 375 139	57	339,915	405
Camote	117	25	2 961	3 725	286	11 030 435	57	193,516	230
Cebada forrajera en verde	20	22	445	425	5	189 098	57	3,318	4
Cebada grano	189	4	679	4 000	70	2 714 040	57	47,615	57
Cebolla blanca	2 088	38	78 425	1 577	3 212	123 698 626	51	2,425,463	2,585
Chile seco ancho	2 050	2	4 141	64 082	6 890	265 363 396	73	3,635,115	5,544
Chile seco mirasol	12 745	2	27 018	38 516	27 018	1 040 633 532	73	14,255,254	21,743
Chile seco pasilla	1 565	2	3 099	50 845	4 091	157 552 627	73	2,158,255	3,292
Chile seco puya	473	2	903	43 856	1 029	39 620 998	73	542,753	828
Durazno criollo	162	1	200	6 404	33	1 282 457	110	11,659	27
Frijol flor de junio	6 227	2	12 579	8 047	2 628	101 221 272	49	2,065,740	2,115
Frijol flor de mayo	6 133	2	12 265	8 143	2 593	99 871 442	49	2,038,193	2,087
Frijol marcela	150	2	297	7 662	59	2 275 602	49	46,441	48
Frijol negro Zacatecas	750	2	1 500	7 664	298	11 496 000	49	234,612	240
Frijol pinto nacional	960	2	1 930	8 033	402	15 500 593	49	316,339	324
Frijol pinto saltillo	50	2	93	8 418	20	778 700	49	15,892	16
Maíz forrajero	1 130	40	44 997	494	577	22 241 819	64	347,528	465
Maíz grano amarillo	1 655	8	13 554	3 756	1 322	50 915 394	71	717,118	1,064
Maíz grano blanco	3 705	7	27 269	3 655	2 587	99 659 011	71	1,403,648	2,082
Manzana Golden delicious	4	8	31	6 928	6	215 075	109	1,973	4
Manzana red	23	9	200	6 865	36	1 373 687	109	12,603	29
Tomate rojo campo abierto	305	49	14 951	5 440	2 112	81 336 077	90	903,734	1,699
Trigo grano	90	2	207	3 782	20	782 965	57	13,736	16
Uva fruta	27	14	381	8 978	89	3 421 314	93	36,788	71
Uva industrial	294	14	4 231	7 281	800	30 804 930	93	331,236	644
S u m a	47 862				63 290	2 437 674 422	1 949	34,924,794	50,932

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA, 2012.

Al analizar los resultados puede observarse diferencias importantes en la EMUT (Zac. \$50,932; Fflo. \$38,905 y Ojo. \$31,979) lo que indica diferencias significativas en los ingresos obtenidos por hectárea en cada distrito. Siendo en el distrito de Zacatecas en el que los productores obtuvieron mayor productividad por unidad de superficie, 37% más que los del distrito de Ojocaliente.

Para el caso del EMUA, el DDR de Zacatecas obtiene aproximadamente dos veces más el valor de la producción por unidad de agua utilizada que el distrito de Fresnillo (34 924 794 contra 15 968 867) y tres veces más que el distrito de Ojocaliente (11 192 786). Una de las características de este índice es hacer notar la Et (agua consumida), por lo que mientras los sistemas de riego sean más

eficientes, menor será la cantidad de agua aplicada; como es el caso de la promoción que se le ha estado dando al manejo del agua en el estado al apoyar a los productores para la conducción del agua y mejores sistemas de aplicación del agua *in situ*.

Esto sugiere que en el distrito de Zacatecas se pudiera estar dando un mejor aprovechando de los recursos de agua y suelo al obtener mayores ingresos. Sin embargo, cabe señalar que este comportamiento debe analizarse con más detenimiento, ya que no debe subestimarse el peso en la cantidad de superficie cosechada por cada distrito. El distrito de Fresnillo para 2013 cosechó 36% menos que el distrito de Zacatecas y Ojocaliente 45% menos.

Asimismo por no disponer de datos sobre láminas de riego para 14 cultivos con una superficie de 4 218 hectáreas en el distrito de Zacatecas, 12 cultivos (1 375 ha) en Fresnillo y 15 cultivos (6 138 ha) en Ojocaliente, principalmente hortalizas, no se incluyeron en este trabajo.

De acuerdo con el peso relativo que tiene cada cultivo en los distritos se tomó como referente para obtener el valor equivalente. Así para el caso del distrito de Zacatecas se consideró el chile seco mirasol, el chile seco ancho para el caso de Fresnillo y el cultivo de alfalfa para Ojocaliente.

Cuadro 2. Índice de eficiencia de agua y suelo del distrito de Fresnillo, ciclo agrícola 2013.

Cultivo	A (ha)	REC (t/ha)	V (t)	Pt (\$/t)	VBP	VBEP	Et (cm)	EMUA	EMUT
Ajo blanco	26	17	430	9,000	467	3,870,900	67	57,775	126
Ajo morado	250	19	4,750	9,416	3,409	44,725,003	67	667,537	1,455
Alfalfa verde	2,221	68	151,008	394	108,361	59,571,146	150	397,141	1,938
Avena forrajera en verde	1,995	15	29,998	587	23,740	17,613,926	57	309,016	573
Avena grano	1,513	3	4,844	3,729	215	18,062,754	57	316,890	588
Cebada grano	60	3	168	4,500	62	756,000	57	13,263	25
Cebolla blanca	390	41	16,050	1,086	6,736	17,424,843	51	341,664	567
Cebolla morada	50	40	2,000	2,000	2,222	4,000,000	51	78,431	130
Chile seco ancho	4,158	1	4,694	55,074	5,216	258,518,013	73	3,541,343	8,411
Chile seco guajillo	1,019	1	1,223	35,132	476	42,966,999	73	588,589	1,398
Chile verde poblano	3,122	12	36,740	3,993	12,247	146,689,961	73	2,009,452	4,772
Durazno criollo	399	5	1,843	9,763	1,843	17,993,006	110	163,573	585
Frijol bayo	376	2	674	6,995	0	4,712,000	49	96,163	153
Frijol de junio	2,007	2	4,106	6,458	456	26,518,989	49	541,204	863
Frijol flor de mayo	2,267	1	2,746	6,117	915	16,793,984	49	342,734	546
Frijol pinto saltillo	267	2	481	7,122	267	3,422,997	49	69,857	111
Maíz forrajero en verde	298	43	12,671	400	7,039	5,068,400	71	71,386	165
Maíz grano amarillo	3,452	9	30,404	3,297	9,836	100,247,724	71	1,411,940	3,261
Maíz grano blanco	4,602	9	41,012	3,777	45,569	154,912,858	71	2,181,871	5,040
Manzana red delicious	260	4	991	10,000	33	9,906,000	109	90,881	322
Tomate rojo campo abierto	1,126	46	51,700	3,500	14,361	180,950,000	90	2,010,556	5,887
Trigo grano	180	3	504	3,000	250	1,512,000	57	26,526	49
Uva fruta	150	15	2,180	9,000	1,081	19,620,000	93	210,968	638
Uva industrial	550	15	8,000	5,000	3,556	40,000,000	93	430,108	1,301
S u m a	30,738		409,216		263,275	1,195,857,502	1,737	15,968,867	38,905

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA, 2012.

Cabe señalar que una regla general en el uso de agua es que entre más eficiente sea el sistema de riego la cantidad de agua consumida será menor, como es el caso del riego por goteo (superficial y

subterráneo) donde su eficiencia es del 95%, es decir que casi en su totalidad el agua es aplicada al cultivo.

Cuadro 3. Índice de eficiencia de agua y suelo del distrito de Ojocaliente, ciclo agrícola 2013.

Cultivo	A (ha)	REC (t/ha)	V (t)	Pt (\$/t)	VBP	VBEP	Et (cm)	EMUA	EMUT
Ajo	167	13	2,093	6,824	23,034	14,282,590	67	213,173	542
Alfalfa verde	3,455	93	322,279	620	322,279	199,832,509	150	1,332,217	7,578
Avena forrajera en verde	1,845	18	32,470	475	24,860	15,414,483	57	270,430	585
Cebolla blanca	1,192	37	43,915	1,769	125,301	77,693,979	51	1,523,411	2,946
Chile seco ancho	198	1	210	33,323	11,264	6,984,400	73	95,677	265
Chile seco de árbol	100	1	100	43,000	6,935	4,300,000	73	58,904	163
Chile seco guajillo	961	1	1,252	33,740	68,121	42,239,020	73	578,617	1,602
Chile seco mulato	192	1	201	30,503	9,898	6,137,300	73	84,073	233
Chile seco pasilla	466	1	562	30,024	27,203	16,867,702	73	231,064	640
Chile seco puya	1,546	1	1,844	28,852	85,797	53,199,502	73	728,760	2,017
Durazno criollo	39	8	295	10,072	4,792	2,971,249	110	27,011	113
Frijol bayo	690	2	1,682	7,532	20,433	12,669,497	49	258,561	480
Frijol flor de junio	1,586	2	3,450	9,626	53,552	33,205,321	49	677,660	1,259
Frijol flor de mayo	2,453	2	5,403	9,738	84,851	52,612,629	49	1,073,727	1,995
Frijol marcela	160	2	368	9,313	5,527	3,427,000	49	69,939	130
Frijol otros claros	1,165	2	2,723	9,333	40,990	25,416,365	49	518,701	964
Frijol pinto saltillo	494	2	1,197	8,864	17,112	10,610,280	49	216,536	402
Maíz forrajero en verde	855	45	38,400	487	30,142	18,690,048	71	263,240	709
Maíz grano blanco	5,747	3	17,489	5,052	142,482	88,347,192	71	1,244,327	3,350
Manzana criolla	6	8	48	8,500	658	408,000	109	3,743	15
Tomate rojo campo abierto	450	22	9,770	2,632	41,464	25,710,048	90	285,667	975
Trigo forrajero verde	40	21	840	485	657	407,400	57	7,147	15
Triticale forrajero en verde	162	23	3,770	471	2,861	1,774,011	57	31,123	67
Uva fruta	1,250	7	8,978	10,547	152,710	94,689,406	93	1,018,166	3,591
Uva industrial	1,151	11	12,904	2,745	57,131	35,424,772	93	380,912	1,343
S u m a	26,371		512,243		1,360,053	843,314,702	1,808	11,192,786	31,979

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA, 2012.

Otro de los elementos de los cuales se están recopilando datos, aparte de los ya señalados de Et, son los referentes a estandarizar los rendimientos a fin de poder comparar la productividad con referencia a un cultivo base (cultivo que más se cultiva o que en este caso están prefiriendo los productores), es decir, cuantas toneladas deberá producir cada cultivo en relación con ese cultivo base y el precio del producto predominante.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con a los resultados puede observarse diferencias significativas en los indicadores de EMUT y EMUA, lo que indica también diferencias importantes en los beneficios que obtienen los productores y por lo tanto en el uso de los recursos de agua y suelo. En este caso, el distrito de desarrollo rural que corresponde a Zacatecas muestra mayores niveles de productividad por unidad de superficie y el uso de recursos.

REFERENCIAS

De Juan Asenjo, O. de J. (1996). Medidas de la productividad: una aproximación Sraffiana. <http://www.ucm.es/info/ec/jec5/pdf/area6/area6-2.pdf>. Recuperado 10/01/2013. Recuperado 10/03/2013.

Ávila, S. Muñoz, C. Jaramillo, L. y Martínez A. (2005). Un análisis del subsidio a la tarifa 09. *Gaceta ecológica*, (75), 65-76.

Bioversity, IICA, OECD, UNCTAD, World Bank and WTO (2012). *Sustainable agricultural productivity grow and bridging the gap for small-family farmers*. Informe interinstitucional para la presidencia mexicana del G-20. <http://www.fao.org/economic/g20/en/>. Recuperado 10/01/2013.

CNA (2010). *Estadísticas del agua en México 2010*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CNA (2007). *La gestión del agua en México avances y retos 2006*. <http://www.conagua.gob.mx>. Recuperado 16 de diciembre de 2012.

CNA (2011a). *Estadísticas del agua en México*. <http://www.conagua.gob.mx>. Recuperado 14 de diciembre de 2012.

CNA (2011b). *Atlas del agua en México 2011*. <http://www.conagua.gob.mx>. Recuperado 14 de diciembre de 2012.

Cotler, H., Sotelo, E., Domínguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S. y Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta ecológica*. (83), 5-71.

Cumbre Mundial Sobre el Desarrollo Sostenible (2002). Productividad agrícola. Johannesburgo, Sudafrica. <http://www.fao.org>. Recuperado 05/01/2013.

FAO (2012). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. <http://www.fao.org>

Global Environmental Facility (2002). The challenge of sustainability. An Action Agenda for the global Environment. Washington, D. C.

GODEZAC (2011). *Plan estatal de desarrollo 2011-2016*. Zacatecas, Zac.

Godínez Montoya, L., García Salazar, J. A., Fortiz Hernández, M., Mora Flores, J. S., Martínez Damián, M. A., Valdivia Alcalá, R. y Hernández Martínez, J. (2007). Valor económico del agua en el sector agrícola en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana*, 25 (1), 51-59.

INEGI (2012). Censo de población y vivienda. <http://www.inegi.mx>. Consultado 20 de enero de 2013.

INEGI (2014). Indicador trimestral de la actividad económica estatal, primer trimestre de 2014. Boletín de prensa núm. 305/14. <http://www.inegi.org.mx>. Recuperado 19/08/2014.

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (2010). *Aumento de la oferta hídrica*. Ed. Taller C. X A. Santo Domingo.

Magulis, S. (1992). *Back of the envelope estimates of environmental damage costs in Mexico*. Working Papers. World Bank.

Mc Intire, J. (1994). A review of the soil conservation sector in México. In: E. Lutz, SW. Pagiola y C. Reiche (eds.), *Economic and institutional analyses of soil conservation project in Central America and the Caribbean* (107-128). World Bank Environment Paper 8.

Mojarro, F., Bautista, C., Santana, H., Medina A., y Martínez, J. (2010). *Diagnóstico y políticas de manejo para la sostenibilidad de 6 acuíferos en el estado*. Informe de Investigación. Zacatecas: SAGARPA-SEDAGRO-UAZ.

Molden, D. J., Sakthivadivel, R., Christopher, J., Perry, Ch. F. and Kloezen, W. H. (1998). Indicators for comparing performance of irrigated agricultural Systems. Intenational Water Manegment Institute. Colombo, Sri Lanka (Research report 20).

Muñoz Piña, C. (2009). Los subsidios agrícolas en México que tienen efectos ambientales negativos. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental. México. <http://www.ine.gob.mx>. Recuperado 10/01/2013.

OCDE (2012). *Perspectivas ambientales hacia 2050*, OCDE, París.

Olavarría, J. A., Bravo Ureta, B. E. y Cocchi, H. (2004). Productividad total de los factores en la agricultura chilena: 1961-1996. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 4 (8), 121-132.

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2000). *Anual Review*. Nairobi. Kenia.

Rincón Valdez, F., Echavarría Cháirez, F. G., Rumayor Rodríguez, A., Mena Covarrubias, J., Bravo Lozano, A. G., Acosta Díaz, E., Gallo Dávila, J. L. Salinas González, H. (2004). *Cadenas de sistemas agroalimentarios de chile seco, durazno y frijol en el estado de Zacatecas. Una aplicación de la metodología ISNAR*. Sagarpa-Inifap.

Rymshaw, E. (1988). Análisis del desempeño de la irrigación en los distritos de riego bajo Río Bravo y bajo Río San Juan, Tamaulipas, México. Intenational Water Manegment Institute. Serie Latinoamericana Núm. 1.

Sánchez Cohen, I., Catalán Valencia, E., González Cervantes, G., Estrada Ávalos, J. y García Arellano, D. (2006). Indicadores comparativos de uso del agua en la agricultura. *Agricultura Técnica en México*, 32 (0), 333-340.

Semarnat y Colegio de Posgraduados (2002). *Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana*. Memoria. México, D. F.

SIAP (2013). Anuario estadístico. SAGARPA. <http://www.sagarpa.gob.mx>. Consultado 28 de agosto de 2014.

Servín Palestina, M., Medina García, G. Casas Flores, I., Catalán Valencia, E. A. (2012). Sistema en línea para programación de riego de chile y frijol en Zacatecas. Folleto Técnico Núm. 42. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP.

United Nations Environment Programe (1994). Land degradation in South Asia: its severity, causes and effects upon the people. FAO. Roma.

Zepeda, L. (2001). Agricultural investment, production capacity and productivity. En: Lydya Zepeda (ed). *Agricultural investtment and productivity in developing coutries* (3-20). FAO, Economic and Social Development Paper Núm. 148.

Zinck, A. (2005). Suelos, información y sociedad. *Gaceta Ecológica*, (76), 7-22.

Zinck, J., Berroterán, J., Farshad, A., Moameni, A., Wokabi, S. y Van Ranst, E. (2005). La sustentabilidad agrícola: un análisis jerárquico. *Gaceta ecológica*. (76), 53-72).

