



Elementos de productividad agrícola en áreas de riego de Zacatecas

Elivier Reyes Rivas,¹ Óscar Pérez Veyna,² Luz Evelia Padilla Bernal³

Resumen

Pese al deterioro y disponibilidad limitada de recursos naturales, la relevancia económica y social que posee la actividad agropecuaria en Zacatecas motiva el objetivo del presente trabajo, que busca evaluar el desempeño productivo y económico de cultivos agrícolas de riego considerando elementos de productividad como agua y suelo. Aplicando indicadores de eficiencia de sistemas productivos propuestos por Sánchez (2006) y Molden et al. (1998), se plantea que, por las características productivas agrícolas del área, es posible identificar cultivos cuyos requerimientos de agua y suelo son diferentes, sin que ello indique mayores beneficios en términos de sustentabilidad de recursos naturales. Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas en la Eficiencia Monetaria por Superficie (EMUS) y Eficiencia Monetaria Uso de Agua (EMUA), lo que indica también diferencias económicas y eficiencia en los recursos naturales utilizados, así como en los cultivos más relevantes en los tres distritos analizados, que se traduce en diferencias en los rendimientos equivalentes y los ingresos que obtienen los productores.

Palabras clave: Cultivo agrícola, recurso natural, eficiencia productiva-económica

Introducción

En la actualidad, suelen conjugarse factores que motivan ciertas preocupaciones en la sociedad moderna, a saber: eventos como el cambio climático, crisis alimentaria y una evidente alteración de los recursos naturales; circunstancias que a su vez se convierten en referentes analíticos y de discusión entre investigadores, instituciones nacionales y otros organismos internacionales. Distintos son los foros en que se ha reflexionado sobre estas cuestiones, por lo menos desde la década de los años 80, cuando se publicó el informe coordinado por Gro Harlem Brundtland que coloca la forma en que se ha impulsado el crecimiento económico como uno de los problemas que han acelerado la degradación ambiental y advierte,

¹ Profesor-investigador, Unidad Académica de Contaduría y Administración, Universidad Autónoma de Zacatecas. Calle comercio y administración S/N Fracc. Progreso C.P. 98066, Zacatecas, Zacatecas México. Tel. (492) 923 94 07 (Ext. 2102). Correo-e: <ereyes21@yahoo.com.mx>.

² Profesor-investigador, Unidad Académica de Estudios del Desarrollo, Universidad Autónoma de Zacatecas. Correo-e: <pveyna@gmail.com>.



a su vez, sobre los riesgos de la sobreexplotación de los recursos naturales para la humanidad y la urgente necesidad de mejorar los niveles de productividad por unidad natural disponible, cuyos recursos, algunos insustituibles, pueden ser para mantener los ecosistemas y la civilización humana en el planeta (Cotler et al., 2007).

A principios del presente siglo ya se tenía conocimiento de que el 40% de la población mundial vivía en zonas con estrés hídrico⁴ (GEF, 2002), cuya disponibilidad per-cápita de agua era menor a 700 m³ (Indhri, 2010: 70). Sin embargo, para el autor, esta situación ha logrado atenuarse por la construcción de obras de infraestructura hidráulica. Por su parte, la FAO (2012) refiere que el 25% de las tierras para cultivo están siendo degradadas y en regiones con niveles críticos debido a la escasez de agua. En este sentido, se prevé que para el año 2050 la actividad agrícola tendrá 40% menos agua de la que dispone ahora (OCDE, 2012).

En la actualidad, el 70% del agua dulce en el mundo se destina a la agricultura; en regiones de Oriente Medio y Asia utilizan hasta el 90% del vital líquido (Bioversity et al., 2012). 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 para el futuro

Asimismo, se dice que la baja productividad agrícola está relacionada con la degradación y el uso insostenible de recursos, ya que al disminuir la productividad por unidad de tierra disponible, los productores agrícolas, por lo general, buscan nuevas áreas que, la mayoría de las veces, no son aptas o no tienen vocación para la agricultura (CMSDS, 2002). De igual forma, se ha señalado que, en países en desarrollo, la tierra cultivable per-cápita había reducido de 0.32 a 0.21 ha entre 1961 y 1999, con una tendencia a disminuir a 0.16 ha para 2030.

De acuerdo con el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2000), eventos como la degradación del suelo⁵ conforman una de las principales amenazas para la producción de alimentos para la humanidad, ya que para la formación de pocos centímetros de suelo requieren cientos, incluso miles de años, por lo que es considerado un recurso no renovable (Cotler et al., 2007). Además, la importancia del suelo no solo radica en las funciones de producción alimentaria sino en la calidad del agua, al ser un medio filtrante.

Zinck (2005: 8), citando a Oldeman, argumenta que, en virtud de la intervención humana, la degradación del suelo es más notoria, ya que de 130 millones de km² que comprende la superficie terrestre

⁴ La etapa de estrés hídrico es previa a la etapa de escasez hídrica crónica; a ésta le sigue una de estrés absoluto, cuya disposición sólo alcanzaría 500 m³ por persona durante el año; siendo 100 m³ el nivel de supervivencia (Indhri, 2010: 71).

⁵ Por erosión (hídrica y eólica), contaminación, pérdida de fertilidad, salinización/acidificación y compactación del suelo.



del planeta, 10.94 millones de km² tienen problemas de erosión hídrica; 5.49 millones, erosión eólica; 2.39, degradación química; y 0.83, degradación física. La suma total (19.65 km²) representa el 66% de las tierras cultivables del mundo. El mismo Zinck (2005: 9) citando a Lal, agrega que los 75 millones de toneladas de suelo que se pierden cada año por erosión hídrica tienen 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; por erosión eólica, el equivalente asciende a 1.8 mil millones de dólares (UNEP, 1994: 40).

En un estudio realizado en México por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Colegio de Posgraduados (CP) (2002) se determinó 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) estimó que la degradación del suelo en México había alcanzado dimensiones importantes y sus consecuencias tenderían a incrementar costos de producción y a 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, solo 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 2011⁶). El mismo organismo indica que el territorio mexicano dispone de 460 mil millones de m³ de agua dulce renovable (disponibilidad natural media) y que en las regiones Centro-Norte y Norte es donde se presentan largos periodos de sequía.

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 consideraba sobreexplotado,⁷ 20% más que en 1985 y 68% más que en 1970 (CNA, 2011b:48-50). Sin embargo, a pesar de estas estimaciones, de los acuíferos se extrae el 53.6% del agua que abastece tanto a la agricultura como a los servicios urbanos e industriales. Asimismo, del total de agua concesionada para uso consuntivo (80,587 hkm³),⁸ el 63% proviene de aguas superficiales

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

⁷ La sobreexplotación indica que el agua que se extrae es mayor a la recarga del acuífero mediante filtración.

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



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.

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 encuentra sobreexplotado⁹ o presenta algún grado de déficit en su recarga (Mojarro et al., 2010: 2). A pesar de ello, logran irrigarse más de 130 mil hectáreas.

Revisión de Literatura

Existen factores que pueden definir la productividad agrícola, sea aumentándola o disminuyéndola. Sin embargo, se deberá tomar en cuenta que la productividad agrícola no es una medida absoluta, sino un reflejo de la relación entre los factores que intervienen en un momento determinado, incluso las que no estén bajo control del mismo productor. Por ejemplo, climáticos u otros como la presencia de plagas y enfermedades.

Tomando en cuenta estas consideraciones, la productividad agrícola puede definirse como el cociente entre un nivel de producción dado y los factores que intervienen. Pero puede también indicar el grado de eficiencia general considerando todos los factores utilizados, lo cual se conoce como productividad total de los factores (Zepeda, 2001: 4). Es pertinente aclarar que los cambios que se dan en los factores que participan, generalmente, tienden a asociarse 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 reconoce su importancia a razón de promover un uso óptimo de estos recursos (Sánchez et al., 2006). Las múltiples variables que intervienen en la agricultura, como el tipo de tecnología aplicada, 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).

Para De Juan (1996) existen varias fórmulas con las cuales puede calcularse 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 suele determinar el grado del progreso técnico y el tipo de trabajo invertido para obtener un producto final.

⁹ Según CNA (2011a), el 44% de los acuíferos están bajo esta condición.



En este caso, para 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 ocupados directamente por el sector que produce ese bien (L_i). La segunda considera el valor añadido que, 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 u *outputs* final entre el trabajo total (directos e indirectos). Esta forma 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. Según De Juan (1996), es posible determinar la productividad parcial al medirse solo una parte de los factores que se utilizan, pero no permite realizar aseveraciones contundentes desde el enfoque de la competitividad.

Materiales y Métodos

Según Sánchez (2006), Molden et al. (1998) y Rimshaw (1988), existen varios indicadores mediante los cuales puede medirse el desempeño productivo y económico de los sistemas de producción agrícolas. Por lo general, estos indicadores son utilizados para identificar los puntos vulnerables dentro algún sistema productivo, en el cual podrán tomarse las medidas necesarias a fin de promover mejoras durante el proceso de producción. Un primer indicador consiste en relacionar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie y la cantidad de agua utilizada (Molden et al., 1998). Para ello propone las siguientes ecuaciones:

Ingreso por unidad

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

Ganancia por área de riego cultivada

Ingreso por volumen de agua utilizado

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

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; esto se logra mediante la siguiente ecuación: $RE = REC \times \frac{P_c}{P_{cb}}$; donde: RE = rendimiento estandarizado; REC = 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 dónde se encuentren. Para ello se utiliza la siguiente ecuación: $VBEP = \left[\sum_{i=1}^n A_i REC_i \frac{Pc_i}{Pcb} \right] Pm$; donde: A_i = Área del cultivo i ;

REC = Rendimiento comercial del cultivo de interés; Pc = Precio del cultivo a estandarizar; Pcb = Precio del cultivo base; Pm = Precio del cultivo base en el mercado internacional.

Al calcular los valores anteriores puede determinarse la eficiencia o productividad de uso del suelo. El cultivo de interés se obtiene al relacionar la superficie irrigada con el área considerada, como se muestra en la siguiente ecuación: $EMUS = \frac{VBEP}{AI}$; donde: $EMUS$ = Eficiencia monetaria por superficie; $VBEP$ = Valor de la producción estandarizado; AI = Área irrigada.

Para calcular la eficiencia en el uso del agua y conocer qué tan eficiente es utilizado este recurso comparativamente con otros. La EMUA se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$EMUA = \frac{VBEP}{Et}$ donde: $VBEP$ = Valor bruto estandarizado de la producción; Et = Volumen de agua consumido por el cultivo durante el ciclo vegetativo.

Existen otros métodos para calcular los niveles de productividad. Por ejemplo: el método Divissa, generalmente utilizado 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 suele aplicarse para medir la productividad total de los factores. Este método es también considerado como 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.

Por su parte, Godínez et al. (2006) determinó el precio económico del agua de 14 cultivos en la región Lagunera en México mediante indicadores de precios sombra y productividad marginal y la aplicación de la programación lineal. 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 encuentran los costos de producción, precios, rendimientos, superficie cosechada, mano de obra por hectárea, requerimiento de agua por hectárea y cultivo. Este 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 encuentra la productividad marginal neta del recurso utilizado.



Resultados

Por las características agrícolas y geográficas que posee el territorio zacatecano, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), ahora Secretaría de Desarrollo Rural (SADER), ha dividido, con fines organizativos y de atención, a productores en ocho Distritos de Desarrollo Rural (DDR), a saber: Concepción del Oro, Fresnillo, Jalpa, Jerez, Ojocaliente, Río Grande, Tlaltenango y Zacatecas, que en conjunto incorporan los 58 municipios que conforman el estado de Zacatecas. El presente trabajo consideró los tres distritos donde se concentra la mayor cuantía de la producción agrícola, conocida también como la “franja agrícola de Zacatecas”: Fresnillo, Zacatecas y Ojocaliente, formada por 22 municipios.

De acuerdo con el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2018), en el DDR de Zacatecas se sembraron 52 cultivos, en una superficie de 46,585 hectáreas y con un valor de producción de 4,400 millones de pesos; en el DDR de Fresnillo, 42 cultivos en una superficie sembrada de 48,332 hectáreas y con un valor de producción de 3,584 millones de pesos; en el DDR de Ojocaliente, 39 cultivos en una superficie de 37,622 hectáreas con un valor de producción de 2,396 millones de pesos. Entre estos tres distritos, con poco más de 165 mil hectáreas cultivadas, concentraron el 80.3%, cuyos ingresos económicos representaron el 85.6%. Cabe mencionar que para este ciclo agrícola se cultivaron, en total, un millón 218 mil 268 hectáreas (riego y temporal) con un valor de producción de 19,094.7 millones de pesos; el área de riego representó el 13.5%.

El suministro de agua 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 con otros elementos como 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).

Para los valores sobre uso de agua por cultivo se utilizaron estimaciones realizadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Campo Experimental Calera (Rincón *et al.*, 2004: 6). Una limitante que sugieren dichos valores es que son determinados, en general, para todo el estado, lo que condiciona hacer aseveraciones más precisas para cada DDR y cultivo. Los cuadros 1, 2 y 3 muestran los resultados sobre la eficiencia económica en el uso de agua y suelo para los tres distritos analizados.

Cuadro 1. Índice de eficiencia de agua y suelo del distrito de Zacatecas, ciclo agrícola 2017-2018

Cultivo	A (ha)	REC (t/ha)	V (t)	Pt (\$/t)	VBP	VBEP	Et	EMUA	EMUS
Ajo blanco	315.00	16.52	5,204.00	14,580.33	1,281	75,876,037	67	1,132,478	1,768
Ajo morado	2,390.00	16.52	39,483.50	13,971.33	9,312	551,637,008	68	8,112,309	12,857



Alfalfa verde	3,497.00	94.51	330,490.60	395.28	2,205	130,636,324	150	870,909	3,045
Avena forrajera en verde	588.00	24.49	14,398.32	516.52	126	7,437,020	57	130,474	173
Camote	172.00	20.72	3,564.00	4,602.69	277	16,403,987	57	287,789	382
Cebada grano	480.00	3.07	1,472.00	4,554.52	113	6,704,253	57	117,618	156
Cebolla blanca	2,307.00	43.10	99,430.50	3,302.30	5,543	328,349,340	51	6,438,222	7,653
Cebolla morada	149.00	58.05	8,650.00	3,043.35	444	26,324,978	51	516,176	614
Chile seco ancho	1,832.00	1.94	3,545.80	63,956.62	3,828	226,777,383	73	3,106,539	5,285
Chile seco de árbol	30.00	1.60	48.00	59,500.00	48	2,856,000	73	39,123	67
Chile seco mirasol	12,822.00	1.89	24,204.00	59,236.48	24,204	1,433,759,762	73	19,640,545	33,416
Chile seco pasilla	1,692.00	1.87	3,156.70	53,161.89	2,833	167,816,138	73	2,298,851	3,911
Chile seco puya	1,137.00	1.67	1,901.05	52,081.63	1,671	99,009,783	73	1,356,298	2,308
Durazno criollo	55.50	0.93	51.60	8,000.00	7	412,800	110	3,753	10
Frijol bayo	67.00	1.90	127.30	9,604.48	21	1,222,650	49	24,952	28
Frijol flor de junio	2,480.00	1.90	4,717.60	8,583.29	684	40,492,529	49	826,378	944
Frijol flor de mayo	2,162.00	1.90	4,101.60	8,541.34	591	35,033,160	49	714,962	817
Frijol marcela	738.00	1.98	1,460.70	9,291.20	229	13,571,656	49	276,973	316
Frijol negro Zacatecas	1,305.00	2.02	2,636.55	10,983.56	489	28,958,705	49	590,994	675
Frijol pinto nacional	737.00	1.84	1,357.26	10,463.07	240	14,201,106	49	289,818	331
Frijol pinto saltillo	2,100.00	1.88	3,943.61	10,298.78	686	40,614,372	49	828,865	947
Maíz forrajero en verde	1,330.00	35.25	46,876.16	610.37	483	28,611,802	64	447,059	667
Maíz grano amarillo	1,520.00	7.79	11,837.30	4,653.34	930	55,082,982	71	775,817	1,284
Maíz grano blanco	2,292.00	7.69	17,621.17	4,458.92	1,326	78,571,387	71	1,106,639	1,831
Manzana criolla	0.13	7.31	0.95	7,000.00	0	6,650	109	61	0
Manzana gala	46.93	8.00	287.44	7,000.00	34	2,012,080	109	18,459	47
Manzana golden delicius	15.78	7.96	125.61	7,094.15	15	891,096	109	8,175	21
Manzana red delicius	4.00	8.40	33.59	7,000.00	4	235,130	109	2,157	5
Manzana starking	24.16	7.96	192.31	7,150.62	23	1,375,136	109	12,616	32
Semilla de frijol pinto Saltillo	20.00	2.99	59.79	20,000.00	20	1,195,800	49	24,404	28
Semilla de maíz grano blanco	324.00	4.80	1,556.22	8,833.50	232	13,746,869	71	193,618	320
Tomate rojo campo abierto	145.00	56.73	8,226.50	5,141.81	714	42,299,100	90	469,990	986
Uva fruta	58.50	9.11	532.94	8,815.57	79	4,698,170	93	50,518	109
Uva industrial	70.00	9.46	662.46	8,661.99	97	5,738,222	93	61,701	134
Total	42,906				58,791	3,482,559,416	2,523	50,775,244	81,167

Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2018

Cuadro 2. Índice de eficiencia de agua y suelo del distrito de Fresnillo, ciclo agrícola 2017-2018

Cultivo	A (ha)	REC (t/ha)	V (t)	Pt (\$/t)	VBP	VBEP	Et (cm)	EMUA	EMUS
Ajo morado	352.00	19	6,688.00	17,473.98	1,927	116,865,978	67	1,744,268	2,443
Alfalfa verde	2,260.00	88.24	199,417.06	464.22	1,526	92,573,388	150	617,156	1,935
Avena forrajera en verde	1,800.00	17.5	31,505.70	600.78	312	18,927,994	57	332,070	396
Avena grano	900.00	3.17	2,850.30	5,288.00	248	15,072,386	57	264,428	315
Cebada grano	1,350.00	3.7	5,000.40	4,680.00	386	23,401,872	57	410,559	489
Cebolla blanca	481.00	38.23	18,388.90	1,934.42	586	35,571,856	51	697,487	744
Cebolla morada	26.00	44.23	1,150.01	3,340.87	63	3,842,034	51	75,334	80
Chile seco ancho	7,512.00	2.15	16,044.00	60,659.87	16,044	973,226,954	73	13,331,876	20,345
Chile seco de árbol	45.00	3.11	140	65,000.00	150	9,100,000	73	124,658	190
Chile seco guajillo	1,808.00	2.06	3,730.00	78,037.27	4,799	291,079,017	73	3,987,384	6,085
Chile verde húngaro	26.00	30.77	799.99	9,000.00	119	7,199,910	73	98,629	151
Chile verde poblano	7,560.00	16.98	128,345.92	5,063.68	10,714	649,902,668	73	8,902,776	13,586
Durazno criollo	402.00	5.57	2,222.72	11,351.86	416	25,232,006	110	229,382	527
Frijol bayo	776.00	1.82	1,415.00	10,000.00	233	14,150,000	49	288,776	296
Frijol de junio	2,974.00	1.87	5,561.00	9,194.68	843	51,131,615	49	1,043,502	1,069
Frijol flor de mayo	3,328.00	1.92	6,395.00	9,317.18	982	59,583,366	49	1,215,987	1,246
Frijol negro Zacatecas	65.00	1.94	126	11,000.00	23	1,386,000	49	28,286	29
Frijol otros negros	370.00	2.03	750	11,000.00	136	8,250,000	49	168,367	172
Frijol pinto Saltillo	582.00	2.3	1,341.00	10,000.00	221	13,410,000	49	273,673	280
Maíz forrajero en verde	570	42.15	24,027.21	380	151	9,130,340	71	128,596	191
Maíz grano amarillo	4,820.00	8.37	40,340.00	3,607.43	2,399	145,523,726	71	2,049,630	3,042
Maíz grano blanco	6,658.00	7.63	50,817.78	3,521.84	2,950	178,972,090	71	2,520,734	3,741
Manzana criolla	68.00	2.21	150.01	9,550.00	24	1,432,596	109	13,143	30



Tomate rojo campo abierto	1,225.00	41.89	51,100.00	7,158.22	6,030	365,785,042	90	4,064,278	7,646
Tomate verde	1,050.00	46.55	42,733.00	5,515.43	3,885	235,690,870	90	2,618,787	4,927
Uva fruta	74.00	14.19	1,036.02	18,000.00	307	18,648,360	93	200,520	390
Uva industrial	755.00	18.65	14,042.70	6,560.79	1,519	92,131,206	93	990,658	1,926
Suma	47,837		656,118		56,994	3,457,221,276	1,947	46,420,945	72,271

Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2018

Los resultados muestran que el DDRZac alcanzó un EMUS de \$81,167; el DDRFflo, \$72,271 y el DDROjo, \$50,842, lo que indica diferencias significativas en ingresos económicos obtenidos por hectárea en cada distrito. El de Zacatecas es donde los productores obtienen mayores beneficios por unidad cultivada, 37% más que los del distrito de Ojocaliente.

En relación con el EMUA, el DDR de Zacatecas es donde se obtiene la mayor eficiencia monetaria por la cantidad de agua utilizada (50 775 244); 8.6% más que en el DDR de Fresnillo (46 420 945) y 61.7% frente al DDR de Ojocaliente (19 459 628); esto indica que en el DDR de Zacatecas hay mayor eficiencia en el uso de agua. Una de las características que puede mostrar este índice es la Et o agua consumida: mientras que un sistema de riego sea más eficiente menor será la cantidad de agua utilizada. Si lo anterior lo correlacionamos con la permanente difusión sobre el manejo y cuidado del agua, así como los apoyos que para tal fin se han proporcionado, puede concluirse que dicho fomento ha sido más efectivo en el DDR de Zacatecas que en los demás. Ello demuestra que un mejor aprovechamiento de los recursos agua y suelo puede traducirse en mayores ingresos y sustentabilidad de los mismos.

Sin embargo, es necesario analizar con más detalle lo anterior, ya que no debe subestimarse el peso relativo en la cantidad de superficie cosechada por cada distrito. El distrito de Fresnillo, para 2018, cosechó 4% más superficie que el distrito de Zacatecas y 24% más que el de Ojocaliente.

Cuadro 3. Índice de eficiencia de agua y suelo del distrito de Ojocaliente, ciclo agrícola 2017-2018

Cultivo	A (ha)	REC (t/ha)	V (t)	Pt (\$/t)	VBP	VBEP	Et (cm)	EMUA	EMUS
Ajo blanco	112.50	11.98	1,329.91	13,243.27	1,830	17,612,357	67	262,871	565
Ajo morado	102.00	15.14	1,544.20	13,737.83	2,204	21,213,957	67	316,626	681
Alfalfa verde	4,359.00	101.74	443,488.79	700.87	32,300	310,827,988	150	2,072,187	9,978
Avena forrajera en verde	2,976.00	17.15	51,043.96	640.79	3,399	32,708,459	57	573,833	1,050
Cebolla blanca	1,344.50	40.31	54,102.20	2,269.82	12,761	122,802,256	51	2,407,887	3,942
Chile seco ancho	181.50	1.40	254.62	65,768.52	1,740	16,745,981	73	229,397	538
Chile seco de árbol	83.00	0.83	68.89	58,310.00	417	4,016,976	73	55,027	129
Chile seco guajillo	759.50	1.34	969.85	63,819.96	6,432	61,895,788	73	847,888	1,987
Chile seco mulato	48.00	1.21	58.24	71,673.21	434	4,174,248	73	57,181	134
Chile seco pasilla	300.00	1.32	394.64	67,111.96	2,752	26,485,064	73	362,809	850
Chile seco puya	1,470.00	1.15	1,688.40	41,046.43	7,202	69,302,792	73	949,353	2,225
Durazno criollo	32.00	8.68	234.3	9,252.80	225	2,167,931	110	19,708	70
Frijol bayo	767.00	2.31	1,768.20	9,606.32	1,765	16,985,895	49	346,651	545
Frijol flor de junio	1,177.00	2.30	2,702.70	9,558.22	2,684	25,833,001	49	527,204	829
Frijol flor de mayo	1,112.00	2.27	2,523.71	8,929.47	2,342	22,535,393	49	459,906	723
Frijol marcela	964.00	2.41	2,326.11	9,799.29	2,369	22,794,226	49	465,188	732
Frijol negro Zacatecas	174.00	2.53	439.68	10,519.48	481	4,625,205	49	94,392	148
Frijol otros claros	246.00	2.24	550.26	8,997.30	514	4,950,854	49	101,038	159
Frijol pinto Saltillo	940.00	2.58	2,364.93	10,528.30	2,587	24,898,693	49	508,137	799



Maíz forrajero en verde	1,364.00	41.32	56,367.24	690.2	4,043	38,904,669	71	547,953	1,249
Maíz grano blanco	5,753.00	3.46	19,881.61	4,232.82	8,745	84,155,276	71	1,185,286	2,702
Membrillo	6.00	7.30	43.8	12,000.00	55	525,600	109	4,822	17
Tomate rojo campo abierto	279.50	22.40	6,261.90	7,319.01	4,763	45,830,909	90	509,232	1,471
Tomate verde	1,414.50	17.08	24,159.75	7,189.52	18,050	173,697,006	90	1,929,967	5,576
Triticale forrajero en verde	138.00	20.53	2,832.50	1,150.93	339	3,260,009	57	57,193	105
Uva fruta	4,255.00	11.38	41,356.20	9,623.16	41,356	397,977,330	93	4,279,326	12,776
Uva industrial	793.00	10.42	8,220.30	3,264.67	2,789	26,836,567	93	288,565	861
Suma	31,151		726,977		164,578	1,583,764,430	1,957	19,459,628	50,842

Fuente: elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2018

Hay que aclarar que en el presente análisis se consideró, para el caso del DDR de Zacatecas, el 92% de la superficie cultivada durante el ciclo agrícola 2017-2018; para el DDR de Fresnillo, el 99%; y para el DDR de Ojocaliente, el 83%, pues no se dispuso de datos sobre láminas de riego para ciertos cultivos. Teniendo en cuenta que entre más eficiente sea el sistema de riego la cantidad de agua consumida será menor, en estimaciones realizadas en campo se ha calculado que el agua utilizada en riego por goteo la eficiencia es del 95%; es decir, el agua es aplicada al cultivo casi en su totalidad.

Conclusiones

Con base en los valores estimados, pueden observarse diferencias en indicadores de eficiencia monetaria por el uso de agua (EMUA) y de suelo (EMUS), lo que indica, de igual forma, diferencias importantes en los ingresos obtenidos de productores en los tres distritos evaluados. Los resultados muestran que en el distrito de Zacatecas es donde se presentan mayores niveles de productividad en función de uso de agua y suelo, lo que indica mayor eficiencia en el uso de estos recursos naturales.

Referencias

- Acosta Díaz, E., Bravo Lozano, A. G., Echavarría Cháirez, F. G., Gallo Dávila, J. L., Mena Covarrubias, J., Rincón Valdez, F., . . . 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.
- Ávila, S., Jaramillo, L., Martínez, A., & Muñoz, C. (2005). Un análisis del subsidio a la tarifa 09. *Gaceta ecológica*(75), 65-76.
- Bautista, C., Martínez, J., Medina, A., Mojarro, F., & Santana, H. (2010). *Diagnóstico y políticas de manejo para la sostenibilidad de 6 acuíferos en el estado*. Informe de investigación, SAGARPA-SEDAGRO-UAZ, Zacatecas.
- Biodiversity; IICA; OECD; UNCTAD; World Bank; WTO. (2012). *Sustainable agricultural productivity grow and bridging the gap for small-family farmers. Informe interinstitucional para la presidencia mexicana del G-20*. Obtenido de <http://www.fao.org/economic/g20/en/>.



- Bravo Ureta, B. E., Cocchi, H., & Olavarría, J. A. (2004). Productividad total de los factores en la agricultura chilena: 1961-1996. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 4(8), 121-132.
- Catalán Valencia, E., Estrada Ávalos, J., García Arellano, D., González Cervantes, G., & Sánchez Cohen, I. (2006). Indicadores comparativos de uso del agua en la agricultura. *Agricultura técnica en México*, 32, 333-340.
- Conagua. (2007). *La gestión del agua en México avances y retos 2006*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx>
- Conagua. (2010). *Estadísticas del agua en México 2010*.
- Conagua. (2011a). *Estadísticas del agua en México*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx>
- Conagua. (2011b). *Atlas del agua en México 2011*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx>
- Cortina, S., Cotler, H., Domínguez, J., Quiñones, L., Sotelo, E., & Zorrilla, M. (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. Obtenido de <http://www.fao.org>
- De Juan Asenjo, O. (1998). Medidas de la productividad: una aproximación sraffiana. En X. L. Outes Ruso, & X. Vence Deza (Edits.), *La Unión Europea y la crisis del Estado del Bienestar. Una visión crítica del neoliberalismo económico* (págs. 343-364). Madrid, España: Síntesis. Recuperado el 10 de 1 de 2019, de <http://www.ucm.es/info/ec/jec5/pdf/area6/area6-2.pdf>
- FAO. (2012). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Obtenido de <http://www.fao.org>
- Fortiz Hernández, M., García Salazar., J. A., Godínez Montoya., L., Hernández Martínez, J., Martínez Damián, M. A., Mora Flores., J. S., & Valdivia Alcalá, R. (2007). Valor económico del agua en el sector agrícola en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamerica*, 25(1), 51-59.
- Global Environmental Facility. (2002). *The challenge of sustainability. An Action Agenda for the global Environment*. Washington, D. C. .
- Gobierno del estado de Zacatecas. (2011). *Plan estatal de desarrollo 2011-2016*. Zacatecas.
- INEGI. (2012). *Censo de población y vivienda*. Recuperado el 20 de enero de 2013, de <http://www.inegi.mx>
- INEGI. (2014). Indicador trimestral de la actividad económica estatal, primer trimestre de 2014. *Boletín de prensa*, 315(14). Obtenido de <http://www.inegi.org.mx>.
- Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. (2010). *Aumento de la oferta hídrica*. Santo Domingo: Taller C. x. A.



- Magulis, S. (1992). *Back of the envelope estimates of environmental damage costs in Mexico*. Washington D. C.: World Bank. Obtenido de <http://documents.worldbank.org/curated/en/331481468774642787/Back-of-the-envelope-estimates-of-environmental-damage-costs-in-Mexico>
- Mc Intire, J. (1994). A review of the soil conservation sector in México. En E. Lutz, S. W. Pagiola, & C. Reiche, *Economic and institutional analyses of soil conservation proyect in Central America and the Caribbean* (págs. 107-128). World Bank Environment Paper 8.
- Molden, D. J., Sakthivadivel, R., Cristopher, J., Perry, C. F., & Kloezen, W. H. (1998). *Indicators for comparing performance of irrigated agricultural Systems*. Research report, Intenational Water Manegment Institute, Colombo (Sri Lanka).
- 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 D. F. Obtenido de <http://www.ine.gob.mx>
- OCDE. (2012). *Perspectivas ambientales hacia 2050*. París: OCDE.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2000). *Anual Review*. Nairobi.
- 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 No.1.
- Semarnat y Colegio de Posgraduados. (2002). Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana. Memoria. México D. F.
- 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.
- SIAP. (2018). *Anuario estadístico*. SAGARPA. Obtenido de <http://www.sagarpa.gob.mx>
- United Nations Environment Programe. (1994). *Land degradation in South Asia: its severity, causes and effects upon the people*. Roma: FAO.
- Zepeda, L. (2001). Agricultural investment, production capacity and productivity. (L. Zepeda, Ed.) *Agricultural investment and productivity in developing coutries. Economic and Social Development Paper Núm. 148.*, 3-20.
- Zinck, A. (2005). Suelos, información y sociedad. *Gaceta ecológica*, 76, 7-22.
- Zinck, J., Berroterán, J., Farshad, A., Moameni, A., Wokabi, S., & Van Ranst, E. (2005). La sustentabilidad agrícola: un análisis jerárquico. *Gaceta ecológica*, 76, 53-72.