

Valor del agua en la producción agrícola bajo riego en México

José Luis Montesillo-Cedillo^{1,§}

1 Centro de Investigación Multidisciplinaria en Educación-Universidad Autónoma del Estado de México. Calle Corregidor Gutiérrez núm. 209, Col. La Merced, Toluca Centro, Estado de México, México. CP. 50080. Tel. 722 2145263.

Autor para correspondencia: jlmontesilloc@uaemex.mx.

Resumen

El objetivo de la investigación fue cuantificar el aporte que el agua hizo al valor de la producción agrícola bajo la modalidad de riego en México durante el periodo 1980-2017. Para tal fin, con base en la metodología econométrica, se estimó un modelo logarítmico hiperbólico o recíproco logarítmico, pertinente para una función producción cuando se considera solo un insumo mientras los demás permanecen constantes. La variable explicada fue el logaritmo natural del valor de la producción agrícola bajo riego al nivel nacional en pesos constantes de 2013, la variable explicativa fue la inversa del agua suministrada para riego en hectómetros cúbicos; ambas variables fueron $I(0)$. Se comprobó que las regiones hidrológico-administrativas I, II, III, IV, VI, VII y VIII -estados del norte y del bajío del país- concentran el 89.4% del total de la superficie de riego nacional, regiones hidrológico-administrativas, que fueron altamente beneficiadas con las inversiones federales en los distritos y las unidades de riego. Durante el periodo analizado se detectaron dos cambios estructurales: 1) de 1980-1987; y 2) de 2009-2017. Se concluyó que el aporte del agua al valor de la producción bajo riego registró tendencia positiva, en 1980 fue de $\$0.39 \text{ m}^{-3}$ y para 2017 de $\$1.92 \text{ m}^{-3}$, para el periodo 1980-1987 de $\$0.39 \text{ m}^{-3}$, para 1988-2008 de $\$1.11 \text{ m}^{-3}$, para 2009-2017 de $\$1.74 \text{ m}^{-3}$. Finalmente, el aporte promedio, del periodo considerado, del agua al valor de la producción bajo riego en México fue de $\$1.11 \text{ m}^{-3}$.

Palabras clave:

cointegración, distritos, unidades de riego, valoración.



License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

Introducción

La agricultura bajo riego es la mayor consumidora de agua en México y en el Mundo. De acuerdo con el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, de la Cámara de Diputados. LXIV Legislatura de México (CEFP, 2019) al nivel mundial la agricultura consume 70% del total del agua utilizada en todos los usos consuntivos, en México, 76%.

En la Figura 1 se puede observar la distribución del clima en México y en la Figura 2, las regiones hidrológico-administrativas (RHA) en las que se ha dividido al país para la administración hídrica y el grado de presión sobre el agua en cada una de dichas regiones. Al relacionar ambas ilustraciones se consigue deducir que las RHA con grados altos de presión sobre el agua son la I, II, III, IV, VI, VII y VIII, en las cuales el clima es muy árido, árido y semiárido.

Figura 1. Distribución del clima en México (A-BAK, 2014).

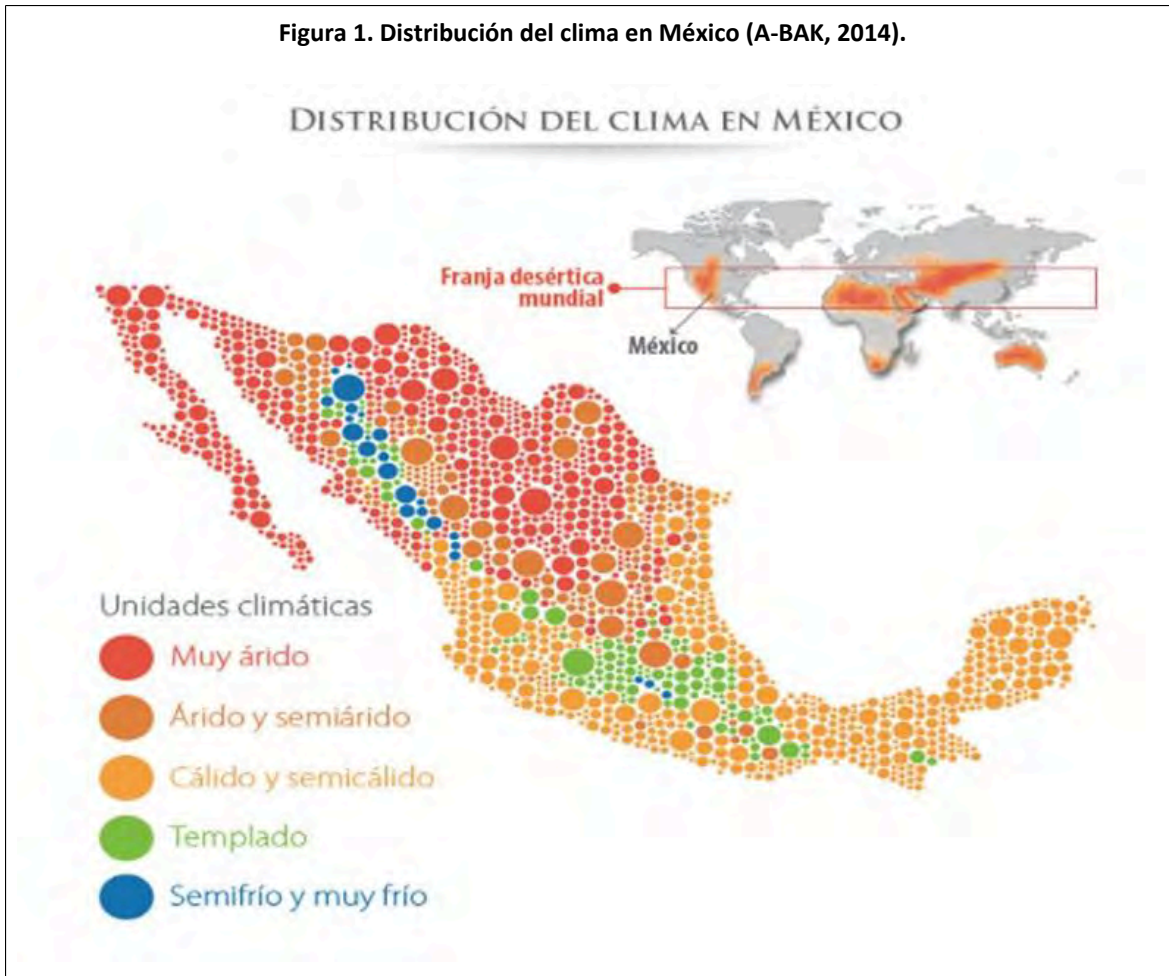
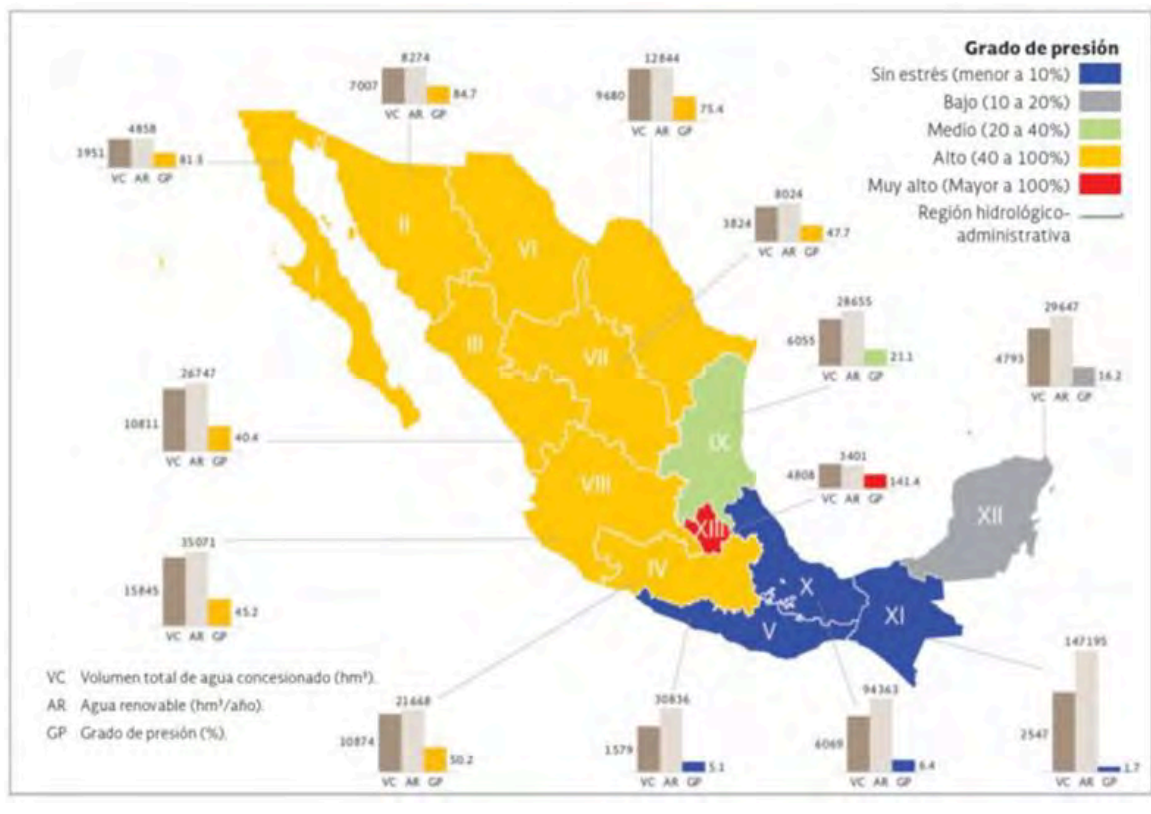


Figura 2. Grados de presión sobre el agua en las regiones hidrológico-administrativas (RHA) de México (CONAGUA, 2018).



Debido al clima de México, entre otras razones, las inversiones federales se han concentrado en las RHA I, II, III, IV, VI, VII y VIII, las cuales han sido altamente beneficiadas. Así, se tiene que de 3 291 476 ha sembradas en los Distritos de Riego (DR) durante el año agrícola 2015-2016, 2 770 038 ha correspondieron a dichas RHA, las cuales representan 84.16% del total de hectáreas sembradas en los DR, tal y como se puede constatar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Superficie sembrada en los DR y en las UR, año agrícola 2015-2016.

Núm. de RHA	Hectáreas sembradas en los DR	Hectáreas sembradas en las UR	Total DR+UR
I	245 693	55 087	300 780
II	466 855	244 245	711 100
III	862 295	347 202	1 209 497
IV	199 390	356 327	555 717
V	71 914	87 203	159 117
VI	467 397	824 337	1 291 734
VII	71 964	295 723	367 687
VIII	456 446	1 005 828	1 462 274
IX	230 569	329 326	559 895
X	41 830	113 098	154 928
XI	37 158	42 763	79 921
XII	17 785	95 264	113 049
XIII	122 180	93 537	215 717
Total	3 291 476	3 889 940	7 181 416

Estadísticas del agua en México.

Por su parte, el número de hectáreas sembradas durante el año agrícola 2015-2016 en las unidades de riego (UR) en las RHA I, II, III, IV, VI, VII y VIII ascendió a 3 128 749, las cuales representan el 80.43% del total. Los DR y las UR de las RHA I, II, III, IV, VI, VII y VIII en el año agrícola 2015-2016 registraron 6 420 225 ha sembradas, esto es 89.4% de la superficie sembrada bajo riego en el país.

Si bien las RH referidas han sido altamente beneficiadas por las inversiones federales en infraestructura para riego, es preciso tener presente que la construcción de las obras de irrigación se realizó, principalmente desde los inicios del siglo XX por los hacendados, no fue sino hasta después 'de 1924 que se reglamenta el uso de las aguas federales, en 1926 se crea La Ley de Irrigación y la Comisión Nacional de Irrigación, con lo cual se impulsa la construcción de grandes obras de riego'.

Dicha inversión fue, y ha sido, de tal magnitud que ha propiciado la 'formación o el desarrollo de importantes núcleos de población en función de la atracción que representan las diversas actividades económicas que se han desarrollado alrededor de ellas, lo que ha dado lugar a un fuerte crecimiento de áreas rurales y urbanas enclavadas en los distritos de riego'. Por otra parte, también ha generado 'condiciones de desigualdad y pobreza, que coexiste con un desarrollo espectacular de las exportaciones agropecuarias en los últimos 20 años' (Flores, 2018).

Por otro lado, como es sabido, la producción agrícola en México se lleva al cabo en los DR, UR, temporal tecnificado y temporal propiamente dicho o de secano. De acuerdo con el sistema de información agroalimentaria de consulta (SIACON, 2019) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA, 2019) en el año 2019 se sembraron 20 664 554.08 ha bajo la modalidad de riego y temporal y comprende los cultivos en el año agrícola y las plantas perenes.

De los 20 664 554.08 ha bajo la modalidad de riego y temporal sembradas durante 2019 año agrícola y plantas perenes 14 627 813.1 ha, correspondieron a la modalidad de temporal tecnificado y temporal propiamente dicho. Del total de hectáreas sembradas en el año 2019, 6 036 740.98 ha correspondieron a la modalidad bajo riego -DR y UR o UNDERALES-.

No obstante, de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) 'el área con infraestructura que permite el riego es de aproximadamente 6.5 millones de ha, de las cuales 3.3 millones corresponden a 86 distritos de riego (DR) y los 3.2 millones restantes a más de 40 000 unidades de riego (UR)' (CONAGUA, 2018) y su consumo de agua representa cerca de 80% de la destinada a todos los usos consuntivos en el país, al igual que en los países en vías de desarrollo, como se puede constatar en el Cuadro 2.

Cuadro2. Consumo de agua en la agricultura bajo riego en algunos países en vías de desarrollo seleccionados solo para fines ilustrativos, 2017.

País	Extracción total de agua (miles de millones de m ³ año ⁻¹)	Uso agrícola (%)	Uso industrial (%)	Uso abastecimiento público(%)
India	761	90.4	2.2	7.4
Pakistán	183.5	94	0.8	5.3
China	598.1	64.4	22.3	13.3
México	87.84	76	9.6	14.4
Brasil	74.83	60	17	23
Argentina	37.78	73.9	10.6	15.5
España	37.35	68.2	17.1	14.2
Chile.	35.43	83	13.4	13.4

Estadísticas del agua en México (CONAGUA, 2018)

Así, por ejemplo, en el año de 2017, del total de agua concesionada, la agricultura bajo riego consumió 76.04% (CONAGUA, 2018), equivalente a 66.8 km³ de un total concesionado de 87.84 km³ (CONAGUA, 2018).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020), México tiene un potencial de riego para 13.5 millones de hectáreas. Sin embargo, debido a la disponibilidad de agua, dicho potencial se reduce a solo 9.8 millones de hectáreas.

La restricción que impone la disponibilidad de agua para alcanzar el potencial de riego en México se debe, en parte, a que los DR y las UR se construyeron principalmente en zonas áridas y semiáridas (norte y Bajío) del país en las RH I, II, III, IV, VI, VII y VIII, como ya se señaló. Cabe recordar que 60% del territorio de México es árido y que el 63% de la superficie destinada al cultivo requiere del riego (Soto, 2003).

Puesto que en México predominan los climas áridos y semiáridos (51.7%), principalmente debido a que el norte del país está en la franja desértica mundial, -desiertos del Sahara en África, Nefud y Rub al-Jali en la península arábiga y de Thar en la India- (A-BAK, 2014). México gran variedad de climas.

Por otro lado, de acuerdo con el SIACON (2019) el valor de la producción bajo riego en el año 2019 ascendió a 433, 383, 684.36 miles pesos corrientes; el de temporal, a 241, 984, 111.71. Al dividir dichos valores por el número de hectáreas sembradas, respectivamente, se obtiene que se consiguieron 71.79 miles de pesos corrientes por hectárea de riego y tan solo 16.54 miles de pesos corrientes por hectárea de temporal. De lo cual, se concluye la superioridad del rendimiento de la agricultura bajo riego.

Sin embargo, se concluye equivocadamente que el rendimiento de la agricultura bajo riego es superior al obtenido en condiciones de temporal, porque son procesos productivos no comparables, para ello remito a (Montesillo-Cedillo, 2017). El agua es fundamental para llevar al cabo la producción agrícola bajo riego en México. Sin embargo, a la fecha, existen pocos estudios acerca del aporte que el agua hace al valor de la producción agrícola bajo riego en el contexto nacional. Con lo cual, se genera una percepción de no escasez y puede llevar a una 'falta de conciencia social sobre el valor real del agua'.

El primer problema que enfrenta la política hidráulica en México es la falta de conciencia social sobre el valor real del agua tanto por parte de la autoridad como de los usuarios agrícolas y urbanos, lo que se manifiesta en un uso ineficiente, muchas veces descuidado, de este recurso (Palacios-Vélez *et al.*, 2016). Además, 'valorar el agua significa reconocer los valores que la sociedad le asigna al agua y a sus usos, considerándolos en las decisiones políticas y comerciales, incluidas aquellas sobre la fijación de precios adecuados del agua y de los servicios de saneamiento' (Banco Mundial, 2020).

El desconocimiento del valor del agua, al igual que el desconocimiento de sus costos reales de extracción -para el caso de fuentes subterráneas- en el corto plazo puede propiciar 'falsa rentabilidad de ciertos cultivos; en el mediano, ausencia de incentivos para realizar mejoras tecnológicas y en el largo plazo, pérdida de competitividad del sector'.

Si bien, resulta necesario conocer el valor del agua en la agricultura bajo riego en México por lo antedicho, existen trabajos en dicha dirección, pero focalizados a DR, estados o presas. Así Zetina-Espinosa *et al.* (2013) calculan el valor marginal del agua de riego en el DR 044, Jilotepec, Estado de México, Flores Lozano *et al.* (2017) estiman el valor del agua en la producción de fresa en la cuenca del Duero, Michoacán, México, Ríos-Flores *et al.* (2017) calculan el precio del agua para la producción de frijol en el Distrito de Desarrollo Rural 189,



Zacatecas, Ramírez Barraza *et al.* (2019), estiman el precio sombra o el costo de oportunidad del agua aplicada en el riego para la Región Lagunera, Coahuila y Durango, México y Trujillo-Murillo (2020) calculan el valor económico del agua de la presa Solís, Acámbaro, Guanajuato, México. El objetivo del presente trabajo de investigación fue calcular el aporte que el agua suministrada hace al valor de la producción de la agricultura bajo riego en México.

Materiales y métodos

Los datos utilizados para realizar la estimación del aporte que el agua hace al valor de la producción agrícola bajo la modalidad de riego en México, así como la fuente de donde se obtuvieron, se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Volumen de producción agrícola bajo riego en pesos de 2013 y agua suministrada a dicha producción en México, 1980-2017.

Año	Agua suministrada para riego (hm ³)	Valor de la producción (miles de pesos constantes, 2013=100)	Año	Agua suministrada para riego (hm ³)	Valor de la producción (miles de pesos constantes, 2013= 100)
1980	54 638.14	10 9751 649.54	1999	64 800	178 121 902.24
1981	57 891.64	117 702 286.83	2000	56 210	174 436 978.81
1982	62 506.52	132 430 078.08	2001	56 386	178 411 000.66
1983	54 439.4	121 504 272.33	2002	56 100	175 574 139.07
1984	55 271.86	127 772 137.89	2003	56 900	186 120 774.11
1985	64 109.25	147 355 293.97	2004	57 500	198 176 486.07
1986	64 439.23	140 670 452.76	2005	58 700	198 553 900.71
1987	64 534.54	157 631 739.05	2006	59 400.2	198 603 430.53
1988	54 745.79	120 734 655.11	2007	60 571.93	205 689 283.32
1989	65 913.31	125 684 208.01	2008	61 215.1	213 499 321.53
1990	56 057.96	119 940 877.24	2009	61 793.04	206 940 917.26
1991	58 633.4	132 901 997.14	2010	61 490	208 644 560.98
1992	56 306.72	132 812 105.49	2011	62 090	200 603 483.81
1993	56 426.67	133 277 025.47	2012	63 349.4	223 852 740.71
1994	63 353.33	140 790 345.81	2013	61 822.5	234 061 947.15
1995	53 940.16	152 311 730.44	2014	65 154.5	248 476 797.93
1996	52 505.47	164 189 417.84	2015	65 359.3	260 140 862.67
1997	55 658.9	173 536 162.57	2016	66 800	268 152 904.95
1998	60 500	174 384 961.14	2017	66 798.9	286 050 982.14

Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del agua en de México (2000-2018); del año 1987 al de 1997 (INEGI, 2000).

Sistema de información agroalimentaria y pesquera-Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADR-SIAP, 2021). Se propuso estimar un modelo logarítmico hiperbólico o recíproco logarítmico:

$$\ln(vp) = \beta_1 - \beta_2 \left(\frac{1}{A} \right) + u$$

1).

Donde: $\ln(vp)$ = al logaritmo natural del valor de la producción agrícola obtenida bajo riego en miles de pesos a precios constantes del año 2013, $(1/A)$ = al recíproco del agua suministrada para riego en hectómetro cúbicos, ambas al nivel nacional; β = los parámetros; y u = al término de error.

Se propuso el modelo descrito porque desde la perspectiva de la teoría económica representa una función de producción de corto plazo, cuando se modela con un solo insumo, *ceteris paribus*, mientras el resto permanece constante (Varian, 1999), en este caso, solo se utilizó el insumo agua suministrada para el riego a nivel nacional.

La elasticidad agua suministrada-valor de la producción agrícola bajo riego (ϵ) se determinó de acuerdo con el modelo estimado. Esto es: $\epsilon = \beta_i (1/A)$, dicha elasticidad no es constante. Por lo tanto, se calculó para cada año considerado en el presente trabajo de investigación y para el promedio de dicho periodo, como se acostumbra en la literatura al respecto. En el modelo propuesto se incluyó la variable t (tiempo cronológico) debido a que al realizar la prueba de raíz unitaria de Dicky-Fuller aumentada a las variables incluidas resultaron ser $I(0)$ con tendencia determinista y deriva (intercepto).

Las pruebas de raíz unitaria realizadas a las variables $\ln(vp)$ y $1/A$, y la estimación del modelo econométrico propuesto se realizaron con el programa Eviews11. A su vez, el modelo propuesto registró dos cambios estructurales, en consecuencia, el modelo estimado fue:

$$\ln(vp) = \beta_1 - \beta_2 \left(\frac{1}{A} \right) - cD1 \left(\frac{1}{A} \right) - dD2 \left(\frac{1}{A} \right) + t + u$$

2). En el que $D1$ y $D2$ representan variables binarias o dicótomas. $D1 = 1$ durante el periodo 1980-1987 y $D2 = 1$ del año 2008 hasta 2017. Consecuentemente, los modelos obtenidos fueron: para el periodo 1980-1987.

$$E[\ln(vp)/D1 = 1, D2 = 0, \ln(vp)] =$$

$$\beta_1 - \beta_2 \left(\frac{1}{A} \right) - cD1 \left(\frac{1}{A} \right) + t + u$$

$$E[\ln(vp)/D1 = 1, D2 = 0, \ln(vp)] =$$

$$\beta_1 - (\beta_2 + c) \left(\frac{1}{A} \right) + t + u$$

3). Para el periodo 1988-2008. $E[\ln(vp)/D1 = 0, D2 = 0, \ln(vp)] =$

$$\beta_1 - \beta_2 \left(\frac{1}{A} \right) + t + u$$

4). Para el periodo 2009-2017. $E[\ln(vp)/D1 = 0, D2 = 1, \ln(vp)] =$

$$\beta_1 - \beta_2 \left(\frac{1}{A} \right) - dD2 \left(\frac{1}{A} \right) + t + u$$

$$E[\ln(vp)/D1 = 0, D2 = 1, \ln(vp)] =$$

$$\beta_1 - (\beta_2 + d) \left(\frac{1}{A} \right) + t + u$$

5).

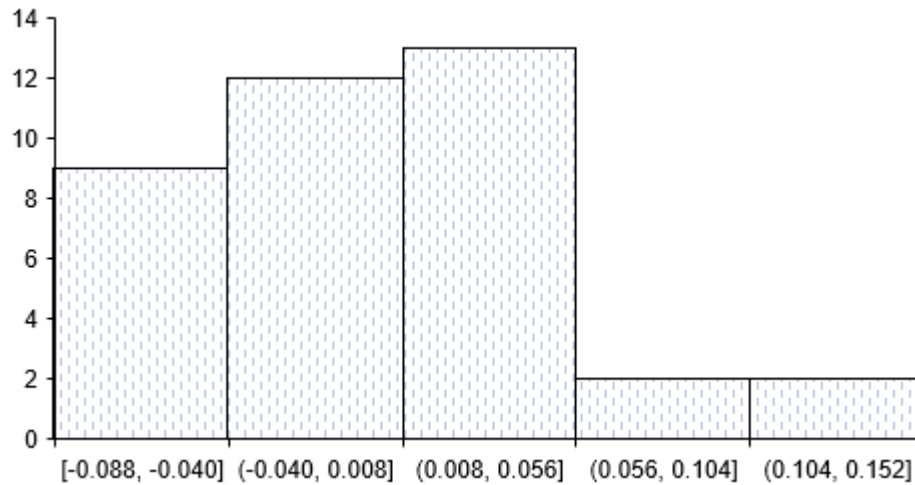
Resultados y discusión

La prueba Dicky-Fuller aumentada de raíz unitaria con tendencia y deriva de $\ln(vp)$ proporcionó un valor probabilístico -valor p - de 0.004, la de $(1/A)$, de 0.0039. Por lo tanto, ambas variables tuvieron procesos estacionarios en tendencia y con deriva. El modelo estimado proporcionó los siguientes resultados: $\ln(vp) = 18.83 - 22561.74(1/A) + 11947.39D1 - 7383.07D2 + 0.029t + 108.22 - 2.28 - 6.88 - 3.98 - 20.57$.

Con una R^2 de 0.97, una R^2 ajustada de 0.96 y un Durbin-Watson de 1.71. Para corroborar la posible existencia de correlación serial también se aplicó la prueba de Breuch-Godfrey con dos y tres rezagos o retrasos, la cual permitió confirmar la posible existencia de dicha correlación serial. Se confirmó la no existencia de heteroscedasticidad con base en las pruebas de Breusch-Pagan-Godfrey, Harvey y White.

La correlación serial se 'corrigió' con el método propuesto por Huber-White-Hinkley (HC1). La prueba de normalidad de los residuos del modelo estimado se realizó con base en la prueba de Jarque-Bera (J-B) y se obtuvo un valor p de 0.49, con un coeficiente de asimetría de 0.46 y uno de curtosis de 2.75, su histograma (Figura 3).

Figura 3. Prueba de normalidad de los residuos del modelo estimado.



Los cuales permitieron señalar que dichos residuos están aproximadamente distribuidos de manera normal, pues para que la distribución sea normal la asimetría (skewness) debe ser cero y la curtosis (kurtosis) tres. La prueba J-B fue diseñada para muestras grandes, y 38 observaciones pueden considerarse una muestra no grande (Orizont, 2012).

Con la prueba White aumentada (con términos cruzados) se probó el posible sesgo de especificación del modelo, la cual con un valor p de 0.53 confirmó la correcta especificación. Por su parte, se aplicó la prueba de error de especificación en regresión -RESET, por sus siglas en inglés-, de Ramsey, la cual con un valor p de 0.59 permitió desechar esa posibilidad. Se comprobó la estabilidad paramétrica con las pruebas Cusum y Cusum al cuadrado -of Scaues-, las cuales se pueden observar en las ocho Figuras 4 y 5, respectivamente.



Figura 4. Prueba de estabilidad paramétrica Cusum.

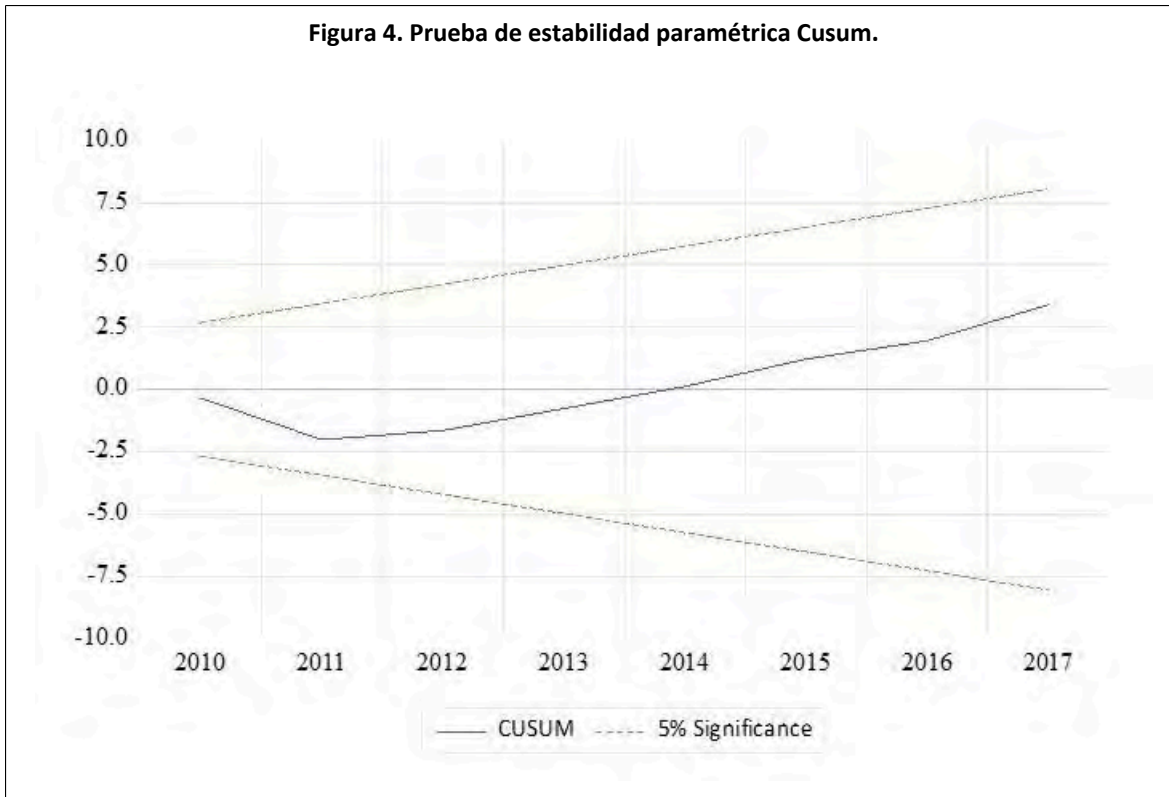
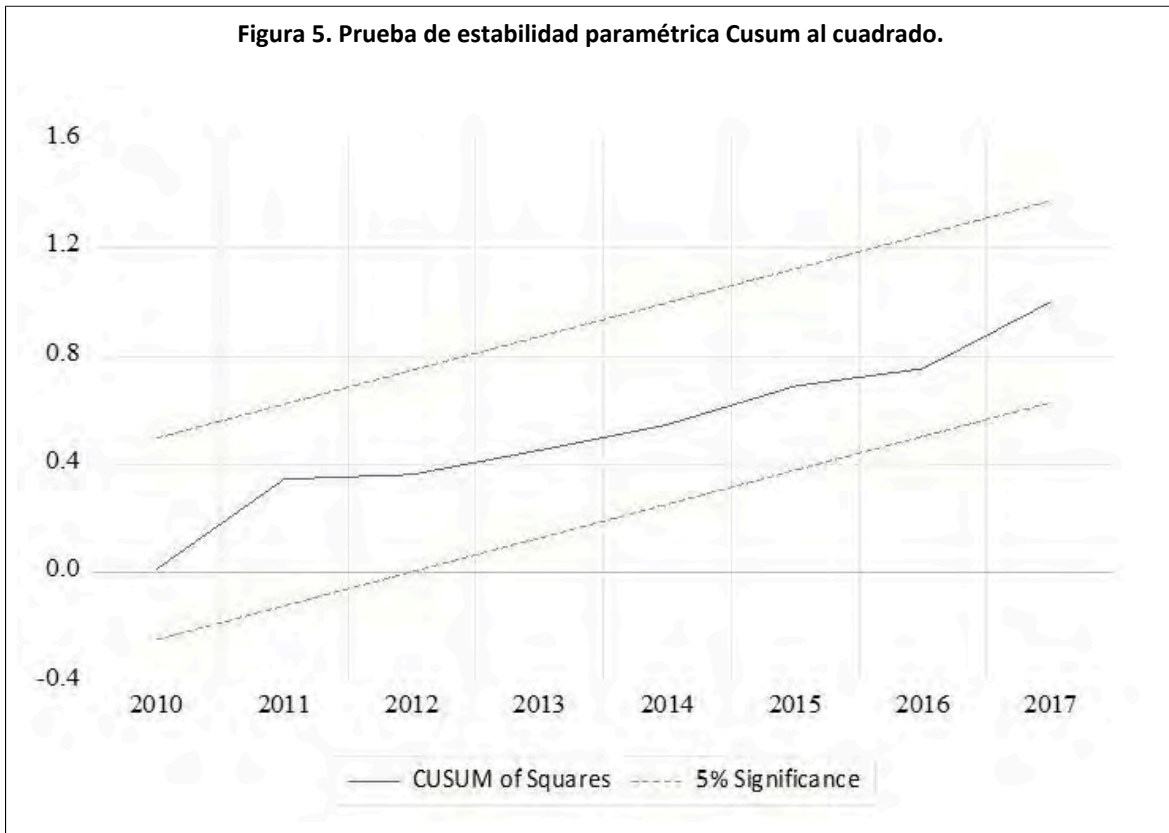


Figura 5. Prueba de estabilidad paramétrica Cusum al cuadrado.



Las variables incluidas en el modelo son $I(0)$, como ya se indicó y están cointegradas. Esto último se confirmó con base en la prueba de raíz unitaria aplicada a los residuos del modelo

estimado, el estadístico τ de Dickey-Fuller aumentado fue de -3.7 cuyo valor de Davidson-Mckinnon fue de 0.0344. Por su parte, el estadístico de Durbin-Watson tuvo un valor de 1.86.

De acuerdo con los resultados del modelo estimado, se obtuvo que la elasticidad promedio del agua suministrada-valor de la producción agrícola bajo riego en México para el periodo 1980-1987 fue $[(22561.74 + 11947.39) * (1/A)] = [(10614.35) * (2.99461E-06)] = (10614.35) (0.0000299461) = 0.18$; para el periodo, 1988-2008, fue de $[(22561.74) (1.72449E-05)] = 0.39$ y para el periodo 2009-2017, de $[(22561.74 + 7383.07) (1.56779E-05)] = (29944.81) (1.56779E-05) = 0.45$.

Como el modelo estimado fue logarítmico hiperbólico o recíproco logarítmico, la elasticidad agua suministrada-valor de la producción agrícola bajo riego en miles de pesos constantes de 2013 no es constante, en el Cuadro 4 se pueden observar dicha elasticidad para cada año considerado en la presente investigación, así como su valor promedio para los tres periodos determinados con base en los cambios estructurales detectados y el promedio de todo el periodo considerado en esta investigación (Avilés, 2006).

Cuadro 4. Elasticidad agua suministrada-valor de la producción agrícola bajo riego en pesos constantes de 2013 en México, 1980-2017.

Año	Elasticidad agua suministrada-valor de la producción agrícola bajo riego	Año	Elasticidad agua suministrada-valor de la producción agrícola bajo riego
1980	0.19	1999	0.35
1981	0.18	2000	0.4
1982	0.17	2001	0.4
1983	0.19	2002	0.4
1984	0.19	2003	0.4
1985	0.17	2004	0.39
1986	0.16	2005	0.38
1987	0.16	2006	0.38
1988	0.41	2007	0.37
1989	0.34	2008	0.37
1990	0.4	2009	0.48
1991	0.38	2010	0.49
1992	0.4	2011	0.48
1993	0.4	2012	0.47
1994	0.36	2013	0.48
1995	0.42	2014	0.46
1996	0.43	2015	0.46
1997	0.41	2016	0.45
1998	0.37	2017	0.45
1980-1987	0.18	2009-217	0.45
1988-2008	0.39	1987-2017	0.36

Con base en el modelo estimado y los datos del Cuadro 3.

Con base en las elasticidades del Cuadro 5, se calculó el aporte que el agua suministrada para riego hace al valor de la producción agrícola en pesos constantes de 2013 a nivel nacional. Cabe destacar, que dicho valor tiene tendencia positiva y va desde \$0.39 m⁻³ en 1987 hasta \$1.92 m⁻³ en 2017, con un valor promedio durante el periodo considerado de \$1.11 m⁻³. Resultados, en términos generales, no muy similares a los obtenidos por Flores Lozano *et al.* (2017), los cuales, con base en una función de producción calculan el valor del agua para el cultivo de fresa en \$3.67 m⁻³ en la cuenca del Duero, Michoacán, México (SRR, 2019).

Cuadro 5. Aporte del agua al valor de la producción bajo riego en México, pesos de 2013 por metro cúbico de agua, 1980-2017.

Año	Valor del agua para riego (\$ m ⁻³)	Año	Valor del agua para riego (\$ m ⁻³)
1980	0.39	1999	0.96
1981	0.373	2000	1.25
1982	0.36	2001	1.27
1983	0.435	2002	1.26
1984	0.444	2003	1.3
1985	0.381	2004	1.35
1986	0.36	2005	1.3
1987	0.402	2006	1.27
1988	0.909	2007	1.26
1989	0.653	2008	1.29
1990	0.861	2009	1.62
1991	0.872	2010	1.65
1992	0.945	2011	1.56
1993	0.944	2012	1.67
1994	0.791	2013	1.83
1995	1.181	2014	1.75
1996	1.344	2015	1.82
1997	1.264	2016	1.8
1998	1.075	2017	1.92
1980-1987	0.39	2009-2017	1.74
1988-2008	1.11	1987-2017	1.11

Con base en los datos de las columnas 2 y 4 del Cuadro 3 y la elasticidad calculada en el presente trabajo de investigación.

Con base en un modelo de programación lineal, Zetina-Espinosa *et al.* (2013) calculan el valor marginal del agua de riego en el DR 044, Jilotepec, estado de México, entre 0.96 y 5.72 pesos m⁻³ en el ciclo otoño-invierno y de 0.03 y 0.29 en el ciclo primavera-verano del ciclo 2008-2009. Para el cultivo de frijol con riego por bombeo en el Distrito de Desarrollo Rural 189, Zacatecas, México, Ríos-Flores *et al.* (2017) estiman el precio del metro cúbico de agua en \$0.48.

Para la Región Lagunera, Coahuila y Durango, México, Ramírez-Barraza *et al.* (2019), con base en un modelo de programación lineal, estiman el precio sombra o el costo de oportunidad del agua aplicada en el riego y concluyen que para el riego con bombeo es de \$1.56 m⁻³ y para el riego por gravedad, de \$0.91 m⁻³, argumentan que el de bombeo es mayor porque tiene una mayor productividad y su índice de pérdida de agua es menor en relación con el riego por gravedad durante el año agrícola 2015-2016.

Por su parte Trujillo-Murillo (2020), con base en la valoración contingente estiman el valor del agua de la presa Solís, Acámbaro, Guanajuato, México, en \$1.00 m⁻³. El aporte del agua al valor de la producción agrícola bajo riego estimado en la presente investigación, a diferencia de los trabajos citados, proporciona una visión de su evolución desde 1980 hasta el año 2017 y revela que el aporte del agua ha ido creciendo y probablemente, así continuará.

El valor del agua utilizada en la producción agrícola bajo riego para cultivos y sitios específicos difiere del calculado en la presente investigación, lo cual representa la diversidad climática, edafológica, etcétera, del país y pone de relieve la urgente necesidad de realizar dichas estimaciones por estado, DR y por tipo de cultivo. Así como para el tipo o forma de riego: por gravedad, por bombeo, por goteo, etcétera. Finalmente, la tasa de crecimiento promedio anual,

obtenida con base en el modelo estimado, del valor de la producción en términos reales -en pesos de 2013- de la agricultura bajo riego en México desde 1980 hasta 2017 ha sido de 2.98%.

Conclusiones

Las RHA I, II, III, IV, VI, VII y VIII concentran al 84.16% ha de los DR y al 80.43% de las UR. En total, dichas RHA concentran al 89.4% de la superficie total regada en México, por lo cual, podemos decir que los estados de norte y del bajío ha sido altamente beneficiados con las inversiones federales en la construcción de infraestructura para riego.

La agricultura bajo riego en México, al igual que en los países en desarrollo, es la mayor consumidora de agua en México, su uso consuntivo asciende a 66.8 km³ en 2017, lo cual represente el 76.04% del total de los usos consuntivos que asciende a 81.84 km³. La tasa de crecimiento promedio anual, obtenida con base en el modelo estima, de la agricultura bajo riego en México de 1980 hasta 2017 ha sido de 2.98%.

El valor del agua o el aporte que el agua hace al valor de la producción agrícola bajo riego tiene tendencia positiva durante el periodo 1980-2017, va de \$038 a \$1.92 m⁻³ y su valor promedio durante el periodo considerado de \$1.11 m⁻³. Con la finalidad de aumentar la valoración social del agua se requiere conocer su valor o precio al nivel de DR, UR, estado, presa o cuenca, y por sistema o tipo de riego.

Bibliografía

- 1 A-BAK. 2014. México gran variedad de climas. <http://abakmatematicamaya.blogspot.com/2014/09/abak2014-mexico-gran-variedaddeclimas.html>.
- 2 Avilés, L. H. 2006. El valor del agua en la agricultura. La granja. Revista de ciencias de la vida. 5(1):28-31. Doi: <https://doi.org/10.17163/lgr.n5.2006.05>.
- 3 Banco Mundial (BM). 2020. Panorama general. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview#2>.
- 4 Cámara de Diputados (CD). 2019. LXIV Legislatura. Centro de estudios de la finanza pública. Cambios en materia de derechos por la extracción de agua para uso agrícola y pecuario. Nota informativa. 1 p.
- 5 Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2018. Estadísticas del agua en México. <http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM-2018.pdf>. 91 p.
- 6 FAO. 2020. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. México, riego y drenaje: evolución del desarrollo del riego. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries-regions/Profile-segments/mex-lrrdr-eng.stm>.
- 7 Flores, V. M. 2018. Agricultura y alimentación en México. Evolución, desempeño y perspectivas de Cassio Luiselli. Economía-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 15(44):147-150. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3635/363557983010>.
- 8 Flores-Lázaro, N.; Saldivar-Valdez, A.; Hernández-Madrigal, V. y Pérez-Veyna, O. 2017. Valoración del agua de riego agrícola en el valle de Zamora, Michoacán, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 8(4):8-11. Doi: 10.29312/remexca.v8i4.9.
- 9 INEGI. 2000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Estadísticas históricas de México. <http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod-serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/historicas/EHM%201.pdf>. 907 p.
- 10 SRR (Sociedad Rural de Rafaela). 2019. Mesa de enlace: propuesta del campo y la producción. <https://ruralrafaela.com.ar/search/Aumentan+el+costo+de+agua+ para+riego/>
- 11 Montesillo-Cedillo, J. L. 2017. Rendimiento por hectárea de sorgo grano y de frijol en México: riego vs temporal. Economía Informa. 2(403):60-74. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0185084917300166>.

- 12 Orizont. 2012. Innovación agroalimentaria. El problema del agua en la agricultura. <https://www.orizont.es/el-problema-del-agua-en-la-agricultura/>
- 13 Palacios-Vélez, O. L. y Escobar-Villagrán, B. S. 2016. La sustentabilidad de la agricultura de riego ante la sobreexplotación de acuíferos. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 7(2):5-16. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3535/353545556001>
- 14 Ramírez-Barraza, B. A.; González-Estrada, A.; Valdivia-Alcalá, R.; Salas-González, J. M. y García-Salazar, J. A. 2019. Tarifas eficientes para el agua de uso agrícola en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* . 10(3):539-550. Doi: 10.29312/remexca.v10i3.1295.
- 15 Ríos-Flores, J. L.; Torres-Moreno, M.; Torres-Moreno, M. A. y Cantú-Brito, J. E. 2017. Eficiencia y productividad del cultivo de frijol en un sistema de riego por bombeo en Zacatecas, México. *Ciencia ergo-sum* . 24(2):152-163. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=104/10450491007>.
- 16 SIAP. 2021. Sistema de información agroalimentaria y pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430?idiom=es>.
- 17 Soto-Mora, C. 2003. La agricultura comercial de los distritos de riego en México y su impacto en el desarrollo agrícola. *Investigaciones Geográficas*. 4(50):173-195. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=569/56905016>.
- 18 Trujillo-Murillo, J. y Perales-Salvador, A. 2020. Valoración económica del agua de la presa Solís para uso agrícola. *Tecnología y Ciencias del Agua* . 11(4):339-369. Doi: 10.24850/jtyca-2020-04-11.
- 19 Varian, H. R. 1999. *Microeconomía intermedia. Un enfoque actual*. 5 Ed. Antoni Bosch. Barcelona, España. 321-335 pp.
- 20 Zetina-Espinosa, A.; Mora-Flores, J.; Martínez-Damián, M.; Cruz-Jiménez, J. y Téllez-Delgado, R. 2013. Valor económico del agua en el distrito de riego 044, Jilotepec, estado de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 10(2):139-156. <https://www.colpos.mx/asyd/volumen10/numero2/asd-12-018.pdf>





Valor del agua en la producción agrícola bajo riego en México

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 June 2023
Date accepted: 01 September 2023
Publication date (electronic): 22 November 2023
Publication date (collection): November 2023
Volume: 14
Issue: 8
Electronic Location Identifier: e2715
DOI: 10.29312/remexca.v14i8.2715

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

cointegración
distritos
unidades de riego
valoración

Counts

Figures: 5
Tables: 5
Equations: 7
References: 20
Pages: 0