

Rendimiento por hectárea del maíz grano en México: distritos de riego vs temporal

Grain corn yield per hectare in Mexico: irrigation districts vs temporal irrigation

José Luis Montesillo-Cedillo*

Resumen

La producción de maíz grano en México se lleva al cabo tanto en temporal como en sistemas de riego. Los sistemas de riego, sean unidades de riego para el desarrollo rural o distritos de riego propiamente dichos, se construyeron en las regiones áridas y semiáridas del país. Estas regiones abarcan alrededor de 60% del territorio nacional. A los distritos de riego se les atribuye una superioridad numérica en términos de rendimiento, toneladas/hectárea, respecto del que se obtiene en temporal. El temporal propiamente dicho no requiere ningún sistema de riego. El objetivo del presente trabajo es comprobar si el rendimiento por hectárea de la producción de maíz grano en los distritos de riego es superior al obtenido en temporal. Para ello, se utiliza el análisis de varianza con datos referentes a dicha producción agrupados por distritos de riego al nivel nacional. Se consideran los años agrícolas desde 2001-2002 hasta el de 2013-2014. El año agrícola comprende del primero de octubre al último día de septiembre del año siguiente, y conjunta a los ciclos otoño-invierno y primavera-verano. Se concluye que estadísticamente el rendimiento del maíz grano, ton/ha, producido en los distritos de riego es igual al de temporal con una probabilidad de 95%, y que la producción en temporal tiene un menor costo social y ambiental, por lo menos en términos de agua.

Abstract

The grain corn production in Mexico is made with natural water sources such as rain (temporal irrigation) and artificial irrigation systems. Irrigation systems for rural development or irrigation districts themselves, were built in the arid and semiarid regions around the country. These regions cover around 60% of it. A numerical superiority in terms of performance are attributed to irrigation districts, tons/hectare, compared to the amount obtained with temporal irrigation. The temporal irrigation does not requires irrigation system. The purpose of this work is to test out if the yield per hectare of grain corn production in irrigation districts is higher than the obtained with temporal irrigation. For this, the analysis of variance is used with data concerning to this production grouped per irrigation districts at national level. The agricultural years are considered from 2001-2002 to 2013-2014. An agricultural year comprehend from the first day of October to the last day of September of the following year, and this join the autumn-winter and spring-summer cycles. We conclude statistically that grain corn yield, tons/ha, produced in the irrigation districts is equal to the temporal irrigation with a probability of 95%, and the temporal irrigation production has a lower social and environmental costs, at least in terms of water.

Palabras clave:

- Producción
- Agua para riego
- Análisis de varianza
- Costo social

Keywords:

- Production
- Water for Irrigation
- Analysis of the Variance
- Social Cost

JEL: O13, Q14, R14

* Instituto de Estudios sobre la Universidad (IESU) de la Universidad Autónoma del Estado de México.

jlmontesillo@uaemex.mx

Introducción

En México, a partir de las primeras dos décadas del siglo xx y hasta la década de 1960 se construyeron los proyectos macro, encaminados principalmente a la construcción de grandes sistemas de riego –distritos de riego– los cuales permitieron ampliar la frontera agrícola y poblar las regiones desérticas y semi-desérticas escasamente pobladas del país (Aguilar, 2010: 1).

Si bien se argumenta que las obras macro fueron para introducir el riego en las zonas de cultivo de temporal, es necesario matizar dichas afirmaciones, porque el riego se introdujo en las zonas áridas de cultivo (Vargas-Velazquez, 2010: 233) que por sus condiciones naturales, no son aptas para él, y las zonas aptas para el cultivo de temporal siguen siendo de temporal. Así, se tiene, de acuerdo con Mora (2003), que “las condiciones ecológicas de algunas zonas de México no son favorables para el desarrollo de actividades agrícolas, sin embargo, mediante mecanismos de riego principalmente en las zonas áridas y semiáridas se puede llevar a cabo el desarrollo e incremento de la actividad” [citado por Rivera, *et al.*, (2012: 68)].

Además, cabe destacar que alrededor de 60% del territorio de México es árido (Cerutti, 2013: 3), y que 63% de la superficie destinada al cultivo requiere del riego (Soto, 2003: 173). Por lo que “en México, las condiciones ecológicas imperantes no son favorables para la realización de las actividades agropecuarias, puesto que el relieve abrupto, la calidad de los suelos y las características del clima limitan considerablemente la disponibilidad natural de zonas aptas para el desarrollo de esta actividad” (Soto, 2003: 173). Los distritos de riego se abrieron en regiones áridas y semiáridas y precisan de grandes volúmenes de agua.

La actividad agrícola con sistemas de riego es la que más agua consume en México. La Comisión Nacional del Agua (Conagua, 2014a: 60) dice que el riego consume 61.82 km³ de los 81.65 km³ que se destinan a todos los usos consuntivos en México.

La utilización de 75.72% del total del agua destinada a los usos consuntivos por parte de la agricultura con sistemas de riego se justifica por su “alta productividad” respecto de la de temporal. “Cabe destacar que el rendimiento de la superficie bajo régimen de irrigación es superior al correspondiente a la agricultura de temporal. En 2013, para los principales cultivos por superficie cosechada –maíz grano, sorgo grano y frijol–, el rendimiento de los cultivos de riego, medido en ton/ha, fue de 2.2 a 3.3 veces mayor que el de los cultivos de temporal” (Conagua, 2014a: 89).

La relevancia de comprobar la superioridad del rendimiento por hectárea de maíz grano en los distritos de riego respecto de los de temporal es fundamental, toda vez que: “La problemática del agua de riego y en general del agua es, no sólo un problema técnico a resolver, es también un problema social, de cultura y del poder que detentan los distintos actores en la apropiación y gestión del agua” (Palmer, *et al.*, s.f: 5). En consecuencia, de existir dicha superioridad habrá, naturalmente, más apoyos gubernamentales y hasta sociales a los productores de los distritos de riego y se podrían justificar las ingentes cantidades de agua que consumen, 25.61 km³ por año (Conagua, 2014a: 90).

Sin embargo, si la afirmación de que el rendimiento por hectárea de riego es superior al de temporal no se puede soportar con la evidencia, esto debe tener consecuencias en las políticas hidroagrícolas y la toma de decisiones (Conagua, 2014b: 1). Si dicha aseveración es verdadera no hay consecuencias excepto los resultados obtenidos actualmente, pero si no es cierta, sí hay consecuencias y resultados no previstos ni esperados, y probablemente no deseados en detrimento de los productores de maíz grano en temporal; que dicho sea de paso, son quienes conservan a las más de 59 variedades de maíz nativas de México, las cuales son la base de los más de 600 preparados comestibles de la cocina pluricultural de los mexicanos. En tanto que la producción de los distritos de riego se concentra en el maíz amarillo y en el maíz blanco (Turrent, *et al.*: 9).

Es clara la relevancia de conocer el rendimiento por hectárea de maíz grano en los distritos de riego y en temporal, y comprobar si el de riego es hasta tre veces superior al de temporal. Los distritos de riego consumen agua y reciben transferencias federales y estatales, al amparo de su “mayor productividad” y de “producir” los alimentos que la población necesita (Sagarpa, 2008-2012: 9; Conagua, 2014: 3).

I. Algunas precisiones teóricas

Antes de realizar el análisis indicado es necesario aclarar que la comparación se realiza desde el punto de vista estadístico, lo cual no implica que desde el punto de vista teórico dicha comparación sea válida. Desde el punto de vista teórico las comparaciones se hacen entre iguales, por decirlo de una manera coloquial, pero comprensible por todos, y aunque se compare la producción de maíz grano, los procesos productivos no son comparables, toda vez que no se utilizan las mismas cantidades de factores, el proceso productivo de los distritos de riego utiliza un factor que los de temporal no: agua.

En relación con el principio de normalidad, debemos tener presente que si las distribuciones a partir de las cuales se obtienen las muestras no son altamente asimétricas, no será estrictamente necesario apegarse al principio de normalidad (Stevenson, 2002: 322). A lo cual nos apegamos, toda vez que el análisis de varianza es “bastante robusto con respecto a la suposición de normalidad (incluso desviaciones moderadas de esta suposición no cambia mucho los resultados)” (Kohler, 1999: 484). Los resultados de las pruebas de normalidad se pueden observar en el cuadro 1.

Cuadro I
Prueba de normalidad y grado de asimetría por año agrícola
de las muestras del rendimiento de maíz grano, promedio
nacional, ton/ha, de temporal y de los distritos de riego

Año agrícola	Temporal				
	Asimetría	Curtosis	J-B	Probabilidad de normalidad	Observaciones
2001-2002	1.49	4.46	8.34	0.01	18
2002-2003	0.84	3.05	2.34	0.31	20
2003-2004	0.73	2.88	1.46	0.48	16
2004-2005	0.37	2.30	0.70	0.70	16
2005-2006	0.24	1.92	0.87	0.65	15
2006-2007	0.67	2.16	1.46	0.48	14
2007-2008	0.66	2.67	0.93	0.63	12
2008-2009	0.33	1.85	0.81	0.67	11
2009-2010	1.26	4.38	4.11	0.13	12
2010-2011	0.47	2.14	0.68	0.71	10
2011-2012	0.01	1.41	1.37	0.50	13
2012-2013	-0.02	1.95	0.51	0.77	11
2013-2014	-0.25	2.20	0.37	0.83	10

Año agrícola	Riego				
	Asimetría	Curtosis	J-B	Probabilidad de normalidad	Observaciones
2001-2002	0.47	2.32	4.30	0.12	76
2002-2003	0.58	2.54	4.91	0.08	75
2003-2004	0.46	2.32	4.13	0.13	75
2004-2005	0.44	2.33	3.89	0.14	77
2005-2006	0.42	2.12	4.56	0.10	74
2006-2007	0.37	2.28	3.24	0.20	73
2007-2008	0.33	2.38	2.48	0.29	72
2008-2009	0.41	2.27	3.64	0.16	72
2009-2010	0.69	2.47	6.23	0.04	68
2010-2011	0.82	3.07	7.35	0.02	66
2011-2012	0.37	2.16	3.48	0.17	67
2012-2013	0.54	2.57	3.82	0.15	67
2013-2014	0.27	2.24	2.40	0.30	66

Nota: tenga presente que para una variable normalmente distribuida los valores de asimetría y curtosis son 0 y 3, respectivamente; J-B se refiere a la prueba de normalidad de Jarque-Bera, y cuando la muestra es normal, J-B tiende a 1, no olvidemos que la prueba J-B se desarrolló para muestras grandes, desde el punto de vista estadístico.

Fuente: elaboración propia con base en información del IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) (2015), < <http://www.edistritos.com/DR/estadisticaAgricola/distrito.php> > el 05 de marzo de 2015.

Los resultados expuestos en el cuadro 1 permiten decir que estadísticamente las muestras de temporal provienen de poblaciones normalmente distribuidas, excepto la del ciclo 2001-2002. Por su parte, las muestras de los distritos de riego no son altamente asimétricas, como lo exige el análisis de varianza, toda vez que, de acuerdo con la prueba de normalidad, su probabilidad de provenir de una población normal es baja, no está de más recordar que esto depende del tamaño de la muestra considerada.

La prueba de igualdad de varianza de las muestras se presenta en el cuadro 2. Para dicha prueba se utilizaron las varianzas de las muestras y se aplicó la prueba F. Se recurrió al convencionalismo de colocar la varianza mayor en el numerador. El requisito de igualdad de varianza, a diferencia del de normalidad, sí debe cumplirse, porque su incumplimiento sí afecta seriamente la validez de la prueba (Kohler, 1999: 484).

Con base en los datos del cuadro 2 se puede decir que las varianzas de las muestras del rendimiento (ton/ha) medio de maíz grano de temporal y de los distritos de riego, sí satisfacen el principio teórico de igualdad de las varianzas. Toda vez que dichas varianzas son iguales desde el punto de vista estadístico a 5% de significancia, con excepción de los años agrícolas 2004-2005 y 2007-2008 que no son significativos a dicho nivel, sino a 1 por ciento.

Cuadro 2
Prueba de igualdad de las varianzas de las muestras del
rendimiento de maíz grano en toneladas por hectárea
de los distritos de riego y de temporal

Año agrícola	Varianza de riego	Varianza de temporal	F calculado	F de tablas al 5% de significancia
2001-2002	4.16	4.16	(4.16/4.16) = 1.00	$F_{(17,75)} = 1.79$
2002-2003	4.20	3.97	(4.20/3.97) = 1.06	$F_{(74,19)} = 1.96$
2003-2004	4.24	5.78	(5.78/4.24) = 1.36	$F_{(15,74)} = 1.79$
2004-2005	4.56	2.04	(4.56/2.04) = 2.24	$F^*_{(76,15)} = 2.14$
2005-2006	4.84	2.98	(4.84/2.98) = 1.62	$F_{(73,14)} = 2.21$
2006-2007	4.88	2.59	(4.88/2.59) = 1.88	$F_{(72,13)} = 2.28$
2007-2008	5.73	2.25	(5.73/2.25) = 2.55	$F^*_{(70,11)} = 2.49$
2008-2009	5.77	3.28	(5.77/3.28) = 1.76	$F_{(71,10)} = 2.61$
2009-2010	5.81	5.88	(5.88/5.81) = 1.01	$F_{(11,67)} = 1.92$
2010-2011	5.51	4.09	(5.51/4.09) = 1.35	$F_{(65,9)} = 2.77$
2011-2012	6.85	3.26	(6.85/3.26) = 2.10	$F_{(66,12)} = 2.37$
2012-2013	6.30	2.55	(6.30/2.55) = 2.47	$F_{(66,10)} = 2.60$
2013-2014	7.36	3.60	(7.36/3.60) = 2.04	$F_{(65,9)} = 2.77$

Nota: * denota significancias al 1%, pero no al 5%. Los valores F de tablas se tomaron de Kohter (1999: 923-926)

Fuente: elaboración propia con base en los datos del IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) (2015), < <http://www.edistritos.com/DR/estadisticaAgricola/distrito.php> > el 05 de marzo de 2015.

De las pruebas estadísticas realizadas referentes a la independencia y aleatoriedad, a la normalidad de la población de donde se extrajeron las muestras y a la igualdad de las varianzas poblacionales, se puede concluir que sí es factible realizar el análisis de varianza del rendimiento medio al nivel nacional por hectárea de maíz grano de los distritos de riego y de temporal.

La hipótesis nula (H_0) es: los rendimientos medios son iguales.

La hipótesis alterna (H_1) es: el rendimiento medio de los distritos de riego es superior al de temporal.

Si H_0 se rechaza, se concluye que probablemente las muestras no provengan de poblaciones que tengan medias iguales y, por lo tanto, el rendimiento de maíz grano de los distritos de riego sí sea superior al de temporal. En el caso contrario, se concluye que probablemente las muestras provengan de

poblaciones con medias iguales, y que no hay superioridad alguna en el rendimiento de maíz grano producido en los distritos de riego respecto del de temporal.

3. Análisis de varianza de la producción de maíz grano de los distritos de riego y de temporal

El análisis de varianza permite probar la igualdad de los valores medios de las muestras, en este caso, se prueba si la media del rendimiento de maíz grano por hectárea de los distritos de riego es igual a la de temporal (H_0), esto es, las dos muestra fueron extraídas de la misma población o sus medias son iguales. El análisis se realiza por año agrícola. Cabe destacar que el tamaño de las muestras de los distritos de riego en todos los años son mayores a las de temporal (véase cuadro 1), y en todos los casos el número de muestras independientes es de dos (una de los distritos de riego y otra de temporal).

A partir del cuadro 3 y hasta el 15 se presentan los resultados obtenidos del análisis de varianza para cada uno de los años agrícolas.

Cuadro 3
Análisis de varianza para el año agrícola 2001-2002

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (g.l)	Varianza estimada	F calculada	F de tablas al 5% de significancia
Medias intermediantes	106.54	2-1= 1	106.54	0.401	3.94
Medias internas	24429.00	18+76-2 = 92	249.27		
Total	24535.54	93	263.82		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 4
Análisis de varianza para el año agrícola 2002-2003

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (g.l)	Varianza estimada	F calculada	F de tablas al 5% de significancia
Medias intermediantes	49.96	2-1= 1	49.96	0.187	3.94
Medias internas	24846.17	20+75-2 = 93	267.16		
Total	24896.13	94	264.85		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 5

Análisis de varianza para el año agrícola 2003-2004

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (g.l)	Varianza estimada	F calculada	F de tablas al 5% de significancia
Medias intermediantes	33.70	2-1= 1	33.70	0.120	3.96
Medias internas	24932.16	16+75-2= 89	280.14		
Total	24965.86	90	277.398		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 6

Análisis de varianza para el año agrícola 2004-2005

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (g.l)	Varianza estimada	F calculada	F de tablas al 5% de significancia
Medias intermediantes	118.72	2-1 = 1	118.72	0.395	3.94
Medias internas	27323.71	16+77-2= 91	300.26		
Total	27442.43	92	298.29		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 7

Análisis de varianza para el año agrícola 2005-2006

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (g.l)	Varianza estimada	F calculada	F de tablas al 5% de significancia
Medias intermediantes	20.60	2-1= 1	20.60	0.067	3.94
Medias internas	26781.58	15+74-2= 87	307.83		
Total	26802.18	88	304.57		

Fuente: elaboración propia

Cuadro 8

Análisis de varianza para el año agrícola 2006-2007

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (g.l)	Varianza estimada	F calculada	F de tablas al 5% de significancia
Medias intermediantes	71.74	2-1= 1	71.74	0.233	3.94
Medias internas	26111.15	14+73-2= 85	307.19		
Total	26182.89	86	304.45		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 9

Análisis de varianza para el año agrícola 2007-2008

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (g.l)	Varianza estimada	F calculada	F de tablas al 5% de significancia
Medias intermediantes	96.02	2-1= 1	96.02	0.266	3.94
Medias internas	29573.23	12+72-2=82	360.65		
Total	29669.25	83	357.46		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 10

Análisis de varianza para el año agrícola 2008-2009

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (g.l)	Varianza estimada	F calculada	F de tablas al 5% de significancia
Medias intermediantes	88.86	2-1= 1	88.86	0.241	3.96
Medias internas	29841.83	11+72-2= 81	368.42		
Total	29930.68	82	365.01		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 11

Análisis de varianza para el año agrícola 2009-2010

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (g.l)	Varianza estimada	F calculada	F de tablas al 5% de significancia
Medias intermediantes	37.76	2-1= 1	37.76	0.107	3.96
Medias internas	27579.63	12+68-2= 78	353.58		
Total	27617.39	79	349.59		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 12

Análisis de varianza para el año agrícola 2010-2011

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (g.l)	Varianza estimada	F calculada	F de tablas al 5% de significancia
Medias intermediantes	31.66	2-1= 1	31.66	0.098	3.96
Medias internas	23990.92	10+66-2= 74	324.20		
Total	24022.59	75	320.30		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 13

Análisis de varianza para el año agrícola 2011-2012

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (g.l)	Varianza estimada	F calculada	F de tablas al 5% de significancia
Medias intermediantes	105.56	2-1= 1	105.56	0.267	3.96
Medias internas	30825.88	13+67-2= 78	395.20		
Total	30931.44	79	391.54		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 14

Análisis de varianza para el año agrícola 2012-2013

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (g.l)	Varianza estimada	F calculada	F de tablas al 5% de significancia
Medias intermediantes	42.03	2-1= 1	42.03	0.113	3.96
Medias internas	28159.70	11+67-2= 76	370.52		
Total	28201.73	77	366.26		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 15

Análisis de varianza para el año agrícola 2013-2014

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad (g.l)	Varianza estimada	F calculada	F de tablas al 5% de significancia
Medias intermediantes	64.44	2-1= 1	64.44	0.149	3.96
Medias internas	31891.60	10+66-2= 74	430.97		
Total	31956.04	75	426.08		

Fuente: elaboración propia.

Con base en los resultados del análisis de varianza mostrados en los cuadros desde el tres hasta el 15 para cada uno de los años agrícolas referentes al rendimiento por hectárea de maíz grano, permiten no rechazar la hipótesis nula: estadísticamente la media del rendimiento de maíz grano en toneladas por hectárea de temporal es igual a la de los distritos de riego. Si bien es claro que numéricamente el rendimiento de los distritos de riego es superior al de temporal, estadísticamente el rendimiento es el mismo a 95% de probabilidad. En suma, los valores medios de las poblaciones de las que se extrajeron las muestras son iguales.

Bibliografía

- Agroder, (2012), *Producción 2010. Comparativo estatal, modalidad temporal y riego*. < http://www.agroder.com/Documentos/Publicaciones/Produccion_de_Maiz_en_Mexico-AgroDer_2012.pdf> 12 de noviembre de 2014, pp. 6.
- Aguilar Soto, César, *Sistemas de riego y empresarios agrícolas en el norte de Sinaloa, México, 1900-1960*. (Axe III, Symposium 14). Independencias-Dependencias-Interdependencias, VI Congreso CEISAL 2010, Jun 2010, Toulouse, France. < <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00496951>> 10 de julio de 2015, 2010, pp. 28.
- Castillo-Caamal, J. B., Caamal-Maldonado, J. A. (2011), "Efecto de la fecha de siembra del frijol terciopelo (*Mucuna* sp.) como cultivo de cobeertera en el rendimiento de maíz", *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, enero-abril, pp. 101-108.
- Cerutti, M., *La agriculturización del desierto. Estado, riego y agricultura en el norte de México (1925-1970)*, IV Encuentro. Asociación Española de Historia Económica, Monterrey, México, <http://www.econ.unavarra.es/~4e_aehe/4EncuentroAEHE/Programa_files/CeruttiMexico.pdf> el 02 de mayo de 2015, 2013, pp. 69.
- Conagua (Comisión Nacional de Agua) (2014), *Diagnóstico del programa presupuestario K141. Rehabilitación y modernización de infraestructura de riego y temporal tecnificado*, Conagua, México, pp. 1-31 <http://www.coneval.gob.mx/Informes/Evaluacion/Diagnostico/Diagnostico_2014/Diagnostico_2014_SEMARNAT_K141.pdf> el 01 de junio de 2015.
- (2014a), *Estadísticas del agua en México*, México, pp. 239.
- (2014b), *Estadísticas agrícolas de los Distritos de Riego. Año agrícola 2012-2013*, México, pp. 379.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) (2015), < <http://www.edistritos.com/DR/estadisticaAgricola/distrito.php>> el 05 de marzo de 2015.
- Kokler, Heinz (1999), *Estadística para negocios y economía*, CECSA, México, pp. 1053.
- Ocampo Portillo, Minerva; Ortíz Solorio, Carlos; González Ríos, Jesús; González Mateos, Ricardo; Volke Haller, Víctor; Manzo Ramos, Fernando (2007), "Efecto de la erosión del suelo sobre el rendimiento de maíz de temporal", *Terra Latinoamericana*, vol. 25 num. Sin mes, pp. 399-408.
- Palmer Viqueira, Jacinta y Tomás Martínez Saldaña, (s.f). *Antropología del regadío*. http://ceer.isa.utl.pt/cyted/mexico2006/tema%201/6_JPalerm_Mexico.pdf 01 de mayo de 2015.
- Pérez López, Delfina de Jesús; Rodríguez Pérez, Juan Enrique; Vázquez García, Luis Miguel; González Huerta, Andrés; Sahagún Castellanos, Jaime (2007).

