

MODELO ECONOMETRICO PARA EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN CULTIVO DE RIEGO (1980-2011)

Recibido: 30 noviembre 2012 –Aceptado: 08 abril 2013

61

Laura Elena Martínez Salvador* 

Resumen

El presente artículo ha tratado de mostrar la evolución que el volumen de producción de maíz en México bajo el cultivo de riego ha tenido en los últimos 32 años, así como definir a las variables que impactan sobre dicho volumen de producción. La superficie sembrada, siniestrada y precio medio rural del maíz, como las variables explicativas, son analizadas haciendo uso de herramientas econométricas, específicamente del modelo de regresión lineal. Este modelo propuesto nos permitirá evaluar los efectos que las oscilaciones de estas variables tienen sobre nuestra variable principal a analizar, así como generar una predicción que nos permitirá vislumbrar el comportamiento que la producción de maíz en cultivo de riego tendrá en los siguientes periodos.

Abstract

This article seeks to show the evolution of volume of production of corn under irrigation farming form the last 32 years in Mexico, it's also trying to define the factors that impact on the volume of production. Plantings, affected area and rural maize price, as explicativefactors are analyzed using econometric tools, linear regression model specifically. The model that has been proposed, allows us to evaluate the effects that fluctuations variables have on our main topic and to generate a forecast that will let us glimpse the behavior that maize production under irrigated crop willhave in the following periods.

* Estudiante de tiempo completo de la Maestría en Economía de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. Área de Concentración: Empresas Finanzas e Innovación. Correo electrónico: laurawind@hotmail.com

Palabras clave: producción de maíz, sector agrícola, modelación econométrica.

Clasificación JEL: C5, O13, Q11

Introducción

Ante un sistema económico que prioriza la ganancia máxima, mercados inciertos y agentes irracionales, la agricultura ha sido una de las actividades más relegadas y en muchos casos olvidada. En México, desde principios de los ochentas el sector agrario se vio inmerso en diversos y marcados cambios políticos y económicos que modificaron la estructura agraria, definiendo el curso de este sector por las siguientes dos décadas.¹ La eliminación del intervencionismo estatal y de los subsidios al sector agrícola, modificaciones en materia de liberalización financiera y reformas económicas hostiles, deterioraron aún más a la ya violentada estructura campesina.²

62

El proceso de liberalización económica se dio con base en las decisiones de agentes individuales y dejando que el mercado funcionara libremente (Yunez, 2010:744). En México, tratados como el TLCAN encontraron un campo sin armas para enfrentar el mercado internacional agrícola y agudizaron los problemas de producción de alimentos en México, incrementando la importación de grano para la satisfacción de la demanda interna, posiblemente debido a costos de producción significativamente menores en el extranjero que en nuestro país.

En México, poco más del 80 por ciento de la tierra dedicada a la agricultura está condicionada a la existencia de obras de riego. Así mismo la agricultura con infraestructura de este tipo representa cerca del 20 por ciento de la superficie sembrada y genera poco más del 56 por ciento del valor de la producción agrícola a nivel nacional.

La producción del maíz, así como la de muchos otros cultivos en México, se divide en cultivos de temporal³ y de riego, así como en años agrícolas que pueden ser analizados en periodos semestrales (primavera-verano y otoño-invierno). La divergencia de rendimientos (toneladas obtenidas por hectáreas sembradas) presentes en los diferentes tipos de cultivo se hace evidente al mostrar que en el cultivo de maíz, los rendimientos en tierras de riego son hasta 4.13 veces superiores a aquellos obtenidos en cultivos de temporal (SAGARPA, 2012: 3).

Bustamante, Sifuentes y Unland (2005: 14) mencionan a Muñoz y Hernández (2004) quienes argumentan que en México son cultivadas anualmente un promedio de 7.7 millones de hectáreas de maíz donde el 85 por ciento corresponde a tierras de temporal y el 15 por

¹ Para un análisis más detallado de la evolución del sector agrícola en México de 1950 a 2006 véase, Lechuga (2006).

² Dada la importancia de los cambios sufridos en materia de intervención estatal en el sector primario y el desmantelamiento de instituciones relacionadas con las actividades de la cadena de valor de granos básicos, especialmente del maíz, el presente estudio estará centrado históricamente en el análisis del periodo de 1980 al 2011.

³ El cultivo de temporal es aquel que depende exclusivamente de precipitaciones pluviales.

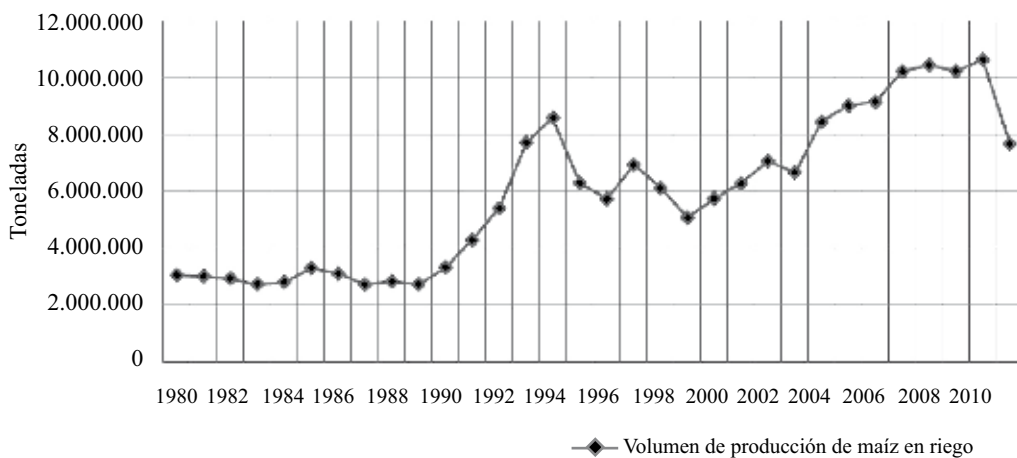
ciento restante a estructuras de riego. Sinaloa es el estado que produce la mayor cantidad de maíz con estructura de riego, 65 por ciento de la producción a nivel nacional está concentrada en el estado. De esta forma podemos asumir que la necesidad incentivar la creación de infraestructura hidroagrícola más eficiente y que satisfaga las necesidades de los productores que no cuentan con dichos sistemas y que por lo tanto presentan rendimientos sumamente bajos y niveles de producción del grano mínimos es evidente.

La tendencia del volumen de producción del maíz en riego (el cual será estudiado en el presente trabajo dada la pertinencia del análisis de dicho cultivo y el impacto de este sobre la producción final del grano) muestra ligeros crecimientos a lo largo del tiempo, sin embargo ha sufrido movimientos ascendentes y descendentes en distintas etapas, mismas que responden a la interacción de distintas variables que si bien pueden ser explicadas, no son completamente cuantificadas.

Con base en lo anterior y ante la imperiosa necesidad de entender la dinámica de producción del mercado agrícola, particularmente en lo que se refiere a la producción de maíz en México, por la importancia alimenticia, económica y cultural del grano, el presente trabajo busca conocer e identificar a las variables que tienen impacto directo sobre el volumen de producción del maíz bajo el sistema que presenta los mejores rendimientos: cultivo de riego.

La gráfica 1 nos muestra que el volumen de producción de maíz en cultivo de riego ha tenido momentos de ascenso y descenso marcados. Un punto de rompimiento estructural que puede ser apreciado en dicha gráfica es en 1994, año de implementación del TLCAN, cambio que puede ser atribuido a la pérdida de competitividad del grupo de granos básicos (Flores y Schwentesius, 2001:94) producto de la desigual condición de los productores nacionales con sus congéneres internacionales. Movimientos de ascenso y descenso describen los siguientes

Gráfica 1
México: Volumen de Producción de maíz en riego, 1980-2011



Fuente: elaboración propia con datos de SIACON (2012).

16 años de registro y una drástica caída en el último año registrado responde, entre otros, a los niveles de sequía que azotaron al país desde mediados del 2011.

Apartado teórico

Para el análisis del sector agrícola, la teoría microeconómica puede apoyarse en cuanto a la determinación de elasticidades⁴ de las variables, lo que enriquece el estudio del modelo. Por otra parte es prudente decir que la información recabada por las fuentes oficiales responde a una lógica matemática aparentemente sencilla, ya que desde el punto de vista teórico, la superficie sembrada responde a los rendimientos de los insumos utilizados (semillas, tierra, paquetes tecnológicos, maquinaria y fertilizantes utilizados). Los rendimientos por hectárea, una medición más del comportamiento agrícola, requiere de conocer el volumen de producción y dividirlo entre el número de hectáreas sembradas ($\text{Rendimiento} = \text{Vol. Producción en Toneladas} / \text{Hectáreas Cosechadas}$). Otras de las variables que se usarán en este modelo y que se respaldan teóricamente es el precio medio rural (la teoría microeconómica nos indica que tanto los precios como las cantidades son fijadas producto de la influencia de la ley de la oferta y la demanda y en donde, para el caso mexicano, encontramos que estos precios están determinados por precios internacionales de los granos básicos). Éste se calcula de la siguiente manera $\text{PMR} (\text{precio medio rural}) = \text{Pesos} / \text{Toneladas}$.

La Superficie Cosechada (medida en hectáreas) responde a la Superficie Sembrada menos la Superficie siniestrada. Por último, el valor de la Producción se determina al multiplicar el volumen de la producción por el precio por tonelada de maíz.

Para el entendimiento del modelo econométrico que será utilizado para describir el comportamiento de las variables escogidas, con el objetivo de definir la evolución del volumen de producción de maíz en riego, es prudente la descripción de cada una de estas variables. La superficie que es sembrada y dedicada al maíz, así como aquellas que se ve afectada por condiciones climatológicas, emergencias fitosanitarias y desertificación de la tierra (superficie siniestrada) han presentado aumentos de forma proporcional durante la primera temporada de cada año. Así mismo y con la misma tendencia hay un aumento del volumen final de la producción de maíz y del precio medio rural que es pagado a los productores (este indicador refleja la cantidad de pesos que es pagado el productor por cada tonelada de maíz que es producido⁵).

⁴ La elasticidad establece las variaciones que tiene una variable ante cambios en otra variable. La teoría microeconómica también nos indica que ante un aumento en el precio de un producto (en este caso de las toneladas de maíz), los oferentes (agricultores) reaccionarán aumentando la cantidad ofrecida del bien. De forma análoga, una disminución en el precio del bien vendría aparejado de una disminución de la oferta por parte de los agricultores, ya que las utilidades que se obtendrían serían menores.

⁵ Nota: el precio medio rural que es mostrado en este estudio es el Precio medio rural nominal, el cual no ha sido deflactado ($\text{PMR}_{\text{NOMINAL}}$).

Modelo Econométrico⁶

El modelo propuesto tiene por objetivo explicar el comportamiento que la variable endógena⁷ “Y” (Volumen de Producción de maíz bajo cultivo de riego) tiene en el periodo seleccionado (1980-2011), así mismo buscamos conocer el comportamiento de las variables explicativas y la magnitud que los cambios en estas tienen sobre la variable explicada.⁸ El modelo plantea un análisis de los últimos 32 años con un total de 64 observaciones, lo cual es conveniente y recomendable para la estimación de modelos econométricos. Para la estructura del modelo se han seleccionadodatos por periodos de cosecha (primavera-verano y otoño-invierno⁹).

Con base en lo anterior el modelo propuesto tiene la forma funcional siguiente:

$$Y_t = \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \beta_3 X_{3t} + \beta_4 D_1 + \beta_5 D_2 + u_t$$

o

$$\text{Vol_prod_riego} = \beta_1 * s_sem_riego + \beta_2 * s_sini_riego + \beta_3 * pmr_riego + \beta_4 * D1 + \beta_5 * D2 + u_t$$

Dónde:

Y_t es el Volumen de Producción de maíz bajo cultivo de Riego en cada periodo medido de forma semestral (primavera-verano y otoño-invierno de 1980-2011)

X_1 : Superficie Sembrada bajo cultivo de Riego

X_2 : Superficie Siniestrada bajo cultivo de Riego

X_3 : Precio Medio Rural nominal bajo cultivo de Riego

⁶ Un modelo de regresión econométrica tiene como objetivo el explicar cuál es el impacto que una variable independiente o exógena tiene sobre la variable endógena explicada. Así mismo busca explicar el comportamiento que dicha variable tiene con base en los cambios de las demás (Pérez, 2007: 1). Es importante mencionar que, para efectos del presente ejercicio, el modelo econométrico bajo el cual el programa informático eviews habrá de presentar sus resultados será con base en el método de mínimos cuadrados ordinarios, lo que nos permitirá determinar valores aproximados de los parámetros establecidos. Es prudente mencionar que existen múltiples métodos de análisis de datos desde la perspectiva econométrica, tales como el método en Panel de Datos, Logit, o incluso el Oxford Economics Global Model, el cual es un “modelo econométrico que proporciona [...] escenarios sobre los [...] impactos de una amplia gama de riesgos en la economía:” (Ochoa y Ortega, 2009: 16). Empero y dada la naturaleza de los datos con los que contamos y la información a nuestro alcance, consideramos que será el método de Mínimos Cuadrados el que más se adapta a nuestras necesidades de investigación.

⁷ Es conveniente mencionar que la variable endógena es aquella que busca ser explicada dentro del modelo, en este caso, del modelo de regresión.

⁸ Los coeficientes (parámetros) indicarán el impacto que las variables explicativas (exógenas o independientes tienen sobre la variable endógena. El termino u_t es un término de error incluido en el modelo.

⁹ Debido a los efectos que los choques externos han tenido sobre nuestra variable a analizar (volumen de producción de maíz en México bajo cultivo de riego) deben ser incluidos, en el modelo que más adelante será planteado, tanto errores aleatorios como variables ficticias (cualitativas o Dummy).

D₁: Variable Cualitativa Dummy¹⁰ que muestra producción a la alza en la tendencia de la variable dependiente

D₂: Variable Cualitativa Dummy que muestra producción a la baja en la tendencia de la variable dependiente

Donde los signos propuestos con base en la teoría económica y los supuestos del comportamiento mostrado de la variable explicada son:

$\beta_1 > 0$: esta relación es positiva, ya que ante el aumento de la superficie sembrada de riego hay un aumento en el volumen de producción

$\beta_2 < 0$: la relación es indirecta, ya que ante un aumento de la superficie siniestrada de maíz hay una disminución del volumen de producción

$\beta_3 > 0$: relación directa ya que ante un aumento del precio medio rural hay un aumento del volumen de producción de maíz

$\beta_4 \leq 0$ y $\beta_5 \leq 0$ para las variables binarias.

Los valores de las variables a lo largo de la muestra,¹¹ y que serán utilizados para la regresión econométrica han sido previamente transformados a logaritmo con el objetivo de homogeneizar unidades de medición.¹² Por lo anterior debemos considerar que los valores con los trabajaremos están expresados en cambios o variaciones porcentuales.

Modelo De Regresión Lineal Con Paquete Informático¹³

Con base en el modelo planteado previamente, los resultados de la regresión son los siguientes¹⁴:

$$\text{VOL_PROD_RIEGO} = 1.22892 * \text{S_SEM_RIEGO} - 0.15863 * \text{S_SINI_RIEGO} + 0.12126 * \text{PMR_RIEGO} - 0.78578 * \text{D1} - 0.76028 * \text{D2}$$

¹⁰ Dada la presencia de estacionalidad en la muestra obtenida, se considera adecuado que el modelo incluya variables cualitativas ficticias. Estas variables eliminarán el componente estacional de las series de tiempo con el objetivo de concentrar el análisis en elementos como la tendencia (Pérez, 2007:23). Durante los datos de la muestra es prudente mencionar que dado que se cuenta con datos semestrales, al modelo de regresión deberán agregárseles solo dos variables Dummy, cada una respondiendo a la presencia de una cualidad con un (1) y ante la ausencia de dicha características con un (0).

¹¹ Los valores de las variables que pueden ser observadas en el cuadro B del anexo estadístico han sufrido una transformación de tipo logarítmica con el objetivo tanto de unificar las medidas de cálculo (que en este caso son muy variadas: toneladas, hectáreas y un cociente que señala pesos por tonelada cosechada) o incluso el facilitar el tratamiento de los datos.

¹² La serie original puede ser encontrada en el apartado de anexo estadístico en el cuadro A.

¹³ El paquete informático usado para realizar la regresión econométrica es eviews en su versión 7.

¹⁴ Los detalles de la estimación que se ha realizado pueden ser observados en el cuadro C del apartado de Anexo estadístico.

Coefficientes:

X_1 : (13.169) Prob (0.0000), X_2 : (-5.20) Prob (0.0000), X_3 : (7.46) Prob (0.0000), D_1 : (-0.71) Prob (0.4767), D_2 : (-0.716) Prob (0.4764)

Pruebas de diagnóstico:

R^2 (0.9042) y \bar{R}^2 Ajustada (0.8977)

Estadístico Durbin Watson:

(1.29)

a) Interpretación de la regresión

La regresión nos arroja diversos resultados, mismos que pueden ser interpretados de la siguiente forma: El cambio en 1% (recordemos que trabajamos con cambios porcentuales) en la superficie sembrada de riego provoca que el volumen de producción de maíz aumente en 1.22%. Así mismo, el incremento en 1% en la superficie siniestrada de maíz de riego provoca una disminución de 0.15% (-0.15%) del volumen de producción de maíz. Por otra parte un aumento del 1% en el precio medio rural aumenta en 0.12% el volumen de producción de maíz riego.¹⁵

b) Elasticidad

Como ya pudo ser observado en la parte teórica, las elasticidades indican los cambios en los niveles de producción ante cambios en las demás variables. Los grados de sensibilidad de estos cambios dependerán del tipo de elasticidad ante el que nos encontremos. Las elasticidades pueden ser de tipo: elástica, inelástica o unitaria.¹⁶ Por lo anterior podemos deducir lo siguiente: i) el impacto de la superficie sembrada de riego sobre la producción de maíz es elástica ($E > 1$) lo que indica que “pequeños cambios en la superficie sembrada dan como resultado grandes cambios en el nivel de producción de maíz bajo cultivo de riego”, ii) el impacto de variaciones de la superficie siniestrada y el precio medio rural son inelásticos ($E < 1$)

¹⁵ Las variables Dummy reflejan una tendencia estacional y se consideran dentro del modelo ante la presencia de niveles de producción a la alza con D_1 , el cual indica que dicha presencia de niveles de producción a la alza se dieron en el primer semestre/periodo de cada año. Para la variable D_2 se da una situación a la inversa, con una presencia de volumen de producción a la baja en los segundos semestres de cada año, lo que se caracteriza con una tendencia a la baja en los primeros periodos de cada año y un 0 ante la ausencia de esta cualidad.

¹⁶ Cuando una variable es elástica en relación con otra indica que la elasticidad se ubica en valores mayores a 1 ($E > 1$), mientras que la inelasticidad indica que este valor es menor a 1. Por último la elasticidad unitaria adquiere valores iguales a 1 (Nicholson, 2006:136).

ya que ambos tienen valores menores a la unidad. Lo anterior indica que “grandes cambios en la superficie siniestrada de riego o del precio medio rural de maíz bajo cultivo de riego tienen cambios pequeños sobre el volumen de producción de maíz”. Por lo anterior podemos determinar que el volumen de producción es más sensible a cambios en la superficie sembrada que a variaciones en las demás variables independientes que intentan explicar el modelo.

Dada la estructura planteada al inicio del modelo donde se indica que $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$, $\beta_3 > 0$ podemos decir que los signos corresponden con lo esperado y con la teoría, ya que como podemos ver; $\beta_1 > 0$ (+1.228927), $\beta_2 < 0$ (-0.158637), $\beta_3 > 0$ (+0.121269).

El coeficiente R^2 (R-squared-0.9042) y \bar{R}^2 (Adjusted R-squared-0.8977) muestran que el 90% y el 89% de las variaciones en el nivel de producción de maíz bajo el cultivo de riego están explicadas por las variaciones en los niveles de superficie sembrada, siniestrada y en el precio medio rural recibido. Recordemos también que este término mide el éxito de la regresión en predecir los valores de la variable dependiente dentro de una muestra. Por lo anterior podemos determinar que hasta este apartado la variable dependiente puede ser explicado por las variables independientes que han sido planteadas.

La regresión también nos indica la significancia individual de los coeficientes beta, la cual determina el valor de la probabilidad del estadístico t .¹⁷ En este ejercicio, la regresión nos arroja que todas las variables (exceptuando a las variables cualitativas D1 y D2) tienen valores de probabilidad de los estadísticos t menores a 0.05 ($0.000 < 0.05$) por lo que se concluye que estas variables (superficie sembrada, siniestrada y precio medio rural) contribuyen a la explicación de los cambios en el nivel de producción del maíz bajo cultivo de riego.

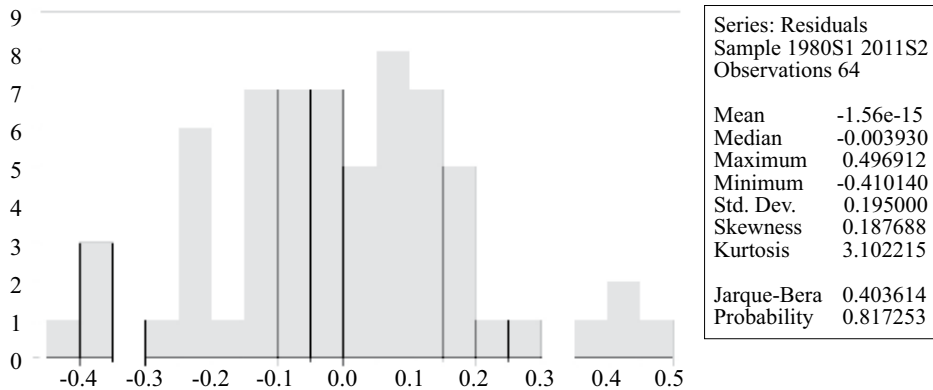
Una prueba más a realizar a las variables es la prueba de la normalidad en los errores, misma que parte del supuesto de que todos los errores siguen una distribución normal. Los resultados de probar la distribución normal de los errores se pueden apreciar en una gráfica de distribución de frecuencias, donde a su vez podemos encontrar los cálculos relevantes al método de momentos (media, varianza, asimetría y curtosis), así como el valor del estadístico Jarque-Bera¹⁸ y el valor de su probabilidad.

Los resultados arrojan que dado que el valor de la probabilidad del estadístico Jarque- Bera es mayor que 0.05 ($0.817 > 0.05$), nos encontramos en la zona de no rechazo de la hipótesis nula, es decir, no se rechaza la hipótesis nula de la normalidad en los errores del modelo a un nivel de confianza del 95%. Por lo que los errores se distribuyen de forma normal.

¹⁷ La teoría de regresión econométrica nos indica que si el valor de la probabilidad del estadístico t es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula de la no significancia estadística al 95% de confianza (por lo que las variables seleccionadas no serían estadísticamente significativas y no ayudarían a explicar el comportamiento de la variable dependiente). Dicho de otra forma, la variable cuyo valor de la probabilidad del estadístico t sea mayor que 0.05 no contribuye en la explicación de los cambios de la variable dependiente a un nivel de confianza del 95%.

¹⁸ La prueba Jarque Bera es una prueba que determina si existe asimetría y curtosis en los datos que componen una muestra.

Gráfica 2
Distribución normal de los errores del modelo



Fuente: elaboración propia.

Para determinar si la forma funcional del modelo propuesta es la adecuada, hacemos uso de la prueba Ramsey Reset que nos proporciona el paquete informático. En esta prueba podemos conocer si el modelo planteado tiene la forma funcional correcta, lo que nos garantiza que los cálculos hechos y los resultados obtenidos generan certidumbre, disminuyendo de esta forma, los errores que del modelo se desprendan. La prueba de especificación en la media del modelo (prueba de forma funcional que en el programa informático es “Ramsey Reset Test”) nos indica que dado los resultados donde (F-statistic $0.896 > 0.05$), son mayores a 0.05 por lo que no se rechaza la hipótesis nula al 95% de confianza. Lo anterior indica que la forma funcional del modelo que se sigue es la correcta.

Las pruebas de multicolinealidad¹⁹ se realizan a través de matrices de correlación de las variables que están involucradas en el modelo (en este caso la diagonal principal tiene valor de 1 dado que es una matriz identidad). Si los coeficientes de correlación, obtenidos de la matriz por medio del programa informático de Eviews y el comando *Correlation*, fueran mayores que 0.88 habría indicios de multicolinealidad entre las variables lo que indicaría que existe una fuerte correlación entre las variables que explican el modelo.

Sin embargo, tal como nos arroja la prueba, misma que puede ser observada en el cuadro E del apartado estadístico, los coeficientes de correlación obtenidos en la matriz muestran resultados (absolutos) menores a 0.88 en todos los casos. Por lo que en este caso no hay presencia de multicolinealidad entre las variables.

La teoría de los modelos de regresión lineal nos indica que para detectar si los errores del modelo presentan hetero u homoscedasticidad²⁰ se debe realizar la prueba ARCH o White, las

¹⁹ La multicolinealidad establece la existencia de una fuerte correlación entre las variables explicativas del modelo.

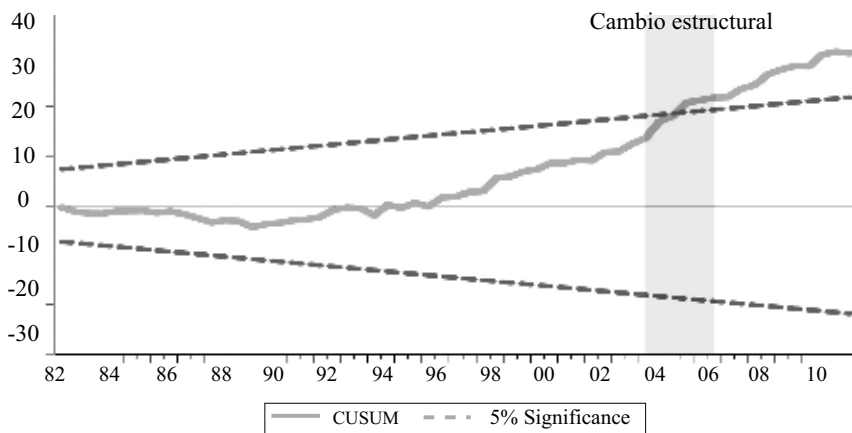
²⁰ La heteroscedasticidad indica que, en un modelo de regresión, la varianza de los errores no es constante a lo largo de todas las observaciones de la muestra.

cuales arrojarán valores para dichos estadísticos. La hipótesis nula debe probar que los errores del modelo son homoscedásticos, por lo que para no rechazar esta hipótesis los valores de la probabilidad de los estadísticos deben ser mayores a 0.05. Como podemos observar en las pruebas de heteroscedasticidad, la prueba ARCH²¹ muestra que los valores de la probabilidad de los estadísticos son mayores a 0.05 ($0.845 > 0.05$). Por lo tanto los errores del modelo son homoscedásticos según esta prueba. Así mismo la prueba White, cuadro F2 del mismo apartado de anexos, arroja datos superiores a 0.05 en todos los valores de la probabilidad de los estadísticos ($0.321 < 0.05$) por lo que en esta prueba también se comprueba que los errores son homoscedásticos.

La permanencia estructural establece la estabilidad y constancia de los estimadores beta a lo largo de la muestra seleccionada. Para conocer si existe cambio o permanencia estructural, haremos uso de la prueba Cusum, y Chow,²² lo que nos permitirá definir no solo la existencia de dicho cambio, sino conocer el periodo o momento en el cual dicho cambio tuvo presencia.

Por la gráfica anterior podemos determinar que no hay permanencia estructural ni estabilidad y constancia en los coeficientes a lo largo de la muestra. La franja marcada en gris señala el periodo donde puede ser encontrado el cambio estructural, sin embargo y para confirmar la presenciade este rompimiento estructural, podemos hacer uso de la prueba Chow, la cual determinará la existencia de dicho cambio. Lo anterior podrá ser obtenido proporcionando las fechas del supuesto punto de quiebre, en este caso 2004.S1, y 2004.S2.

Gráfica 3
Permanencia estructural de los errores del modelo de regresión lineal



Fuente: elaboración propia.

²¹ Por razones de espacio no se incluye el anexo estadístico, que está a disposición de los interesados.
²² La prueba de estabilidad en los parámetros beta o prueba de permanencia estructura hace uso de los comandos Cusum (Cumulative Sum of Residuals), y de la prueba Chow, esta última describe la presencia de una cambio estructural estableciendo previamente el punto de quiebre y corroborando dicha aseveración.

Cuadro 1
Prueba Chow

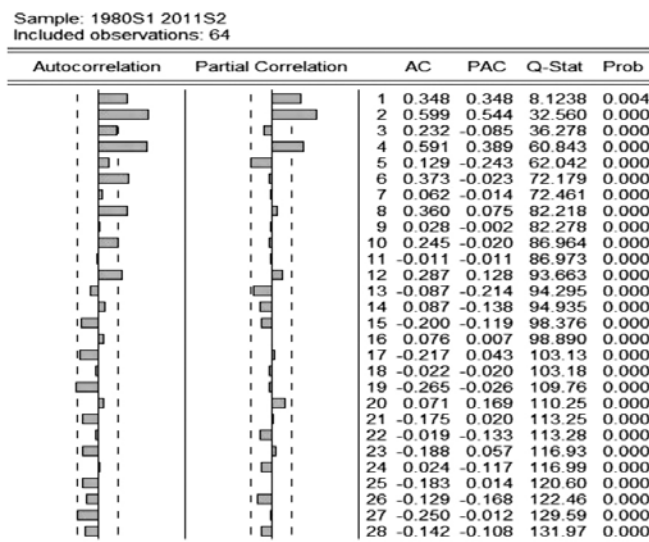
<i>Periodo</i>	<i>Estadístico F</i>	<i>Probabilidad</i>
2004 S.1	7.001768	0.0000
2004 S.2	7.444685	0.0000

Dado que la probabilidad de los estadísticos es menor a 0.05 en todas las fechas que han sido probadas, como se puede apreciar en el Cuadro 1, se rechaza la hipótesis nula de no cambio estructural o quiebre en determinado periodo. Por lo anterior podemos concluir que si hay cambio estructural en los periodos señalados.

Para detectar si existen problemas de auto correlación, los cuales nos permitirán conocer si los errores del modelo están autocorrelacionados, hacemos uso del estadístico Durbin Watson.²³ El valor del estadístico se encuentra en los resultados de la regresión principal, que para efectos de este ejercicio es de **1.298462** y dado que la teoría nos indica que si el estadístico DW no tiene un valor en 2 o muy cercano a él, los errores si presentan auto correlación. Corrobores por medio de la prueba de correlograma (Correlogram Q-Statistic) la presencia de correlación entre errores.

Como podemos observar en la gráfica anterior, las barras del correlograma si se salen de la banda del 95.0% de confianza o del 5.0% de significancia, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula de no auto correlación. Dicho de otra forma, los errores si están auto correlacionados.

Gráfica 4
Correlograma



Fuente: esquema creado por el paquete informático Eviews.

²³ El análisis Durbin Watson es una prueba para detectar la presencia de auto correlación. Donde esta es una relación entre variables, separadas por un rezago en el tiempo. Si el valor del estadístico es menor a 2, hay evidencia de auto correlación.

Cuadro 2
Prueba de Autocorrelación Breusch-Godfrey Serial Correlation

<i>Estadístico F</i>	<i>Probabilidad</i>
20.62788	0.0000

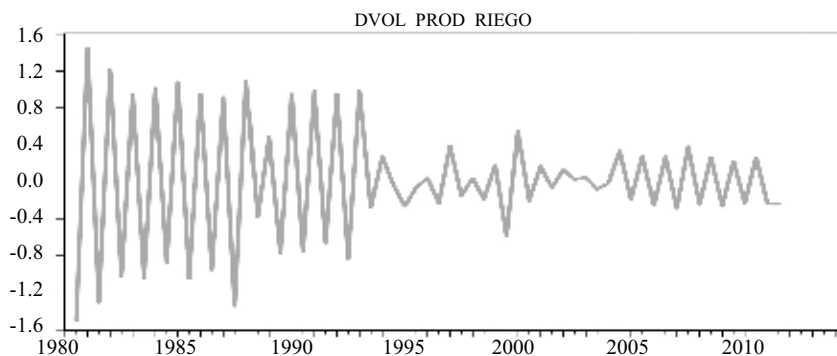
Así mismo podemos corroborar por medio de la prueba de los multiplicadores de LaGrange, con base en una prueba llamada Breusch-Godfrey, que los errores si están auto correlacionados ya que el valor de la probabilidad de los estadísticos es menor a 0.05 ($0.0000 < 0.05$).

Corrección del modelo ante problemas de autocorrelación y cambio estructural

72

Ante la presencia de problemas de autocorrelación y de cambio estructural y asumiendo que la serie es estacional,²⁴ aplicamos una primera diferencia²⁵ lo que nos dará una serie centrada en la media tal como puede ser observada en la gráfica siguiente.

Gráfica 5
Volumen de Producción en Primeras Diferencias



Fuente: elaboración propia.

²⁴ Usualmente en los análisis económicos, las series utilizadas para el análisis econométrico presentan en muchas ocasiones patrones estacionales. Lo que indica que esta serie se ve afectada por movimientos asociados al tiempo o al calendario, tales como efectos que se repiten durante los primeros meses de cada año, o cada semestre e incluso ante la presencia de eventos calendarizados.

²⁵ El método de “primeras diferencias” busca eliminar el efecto de la auto correlación para cada dato de la muestra, por lo que a la observación correspondiente se le resta su rezago en t-1.

²⁶ Los detalles de la estimación que se ha realizado pueden ser observados en el cuadro G del apartado de Anexo estadístico.

La nueva regresión²⁶ con base en los valores de la variable dependiente bajo el método de primeras diferencias es:

$$DVOL_PROD_RIEGO = 1.25395*S_SEM_RIEGO - 0.09933*PMR_RIEGO - 15.85068*D1 - 16.14108*D2$$

Coefficientes:

$$X_1(1.327) \text{ Prob (0.0000)}, X_2(-0.04) \text{ Prob (0.4060)}, X_3(-0.10) \text{ Prob (0.0012)}$$

Pruebas de diagnóstico:

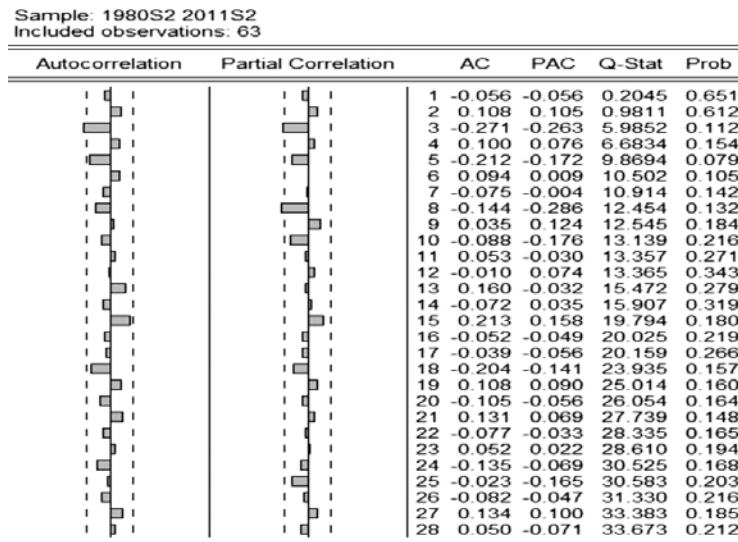
$$R^2(0.73) \text{ y } \bar{R}^2 \text{ Ajustada (0.71)}$$

Estadístico Durbin Watson:

$$(2.15)$$

Como podemos observar en los valores de las regresiones, el valor del estadístico Durbin Watson ha mejorado considerablemente, lo que corrige parcialmente el problema de autocorrelación presente en el modelo.

Gráfica 6
Correlograma



Fuente: esquema creado por el paquete informático eviews.

Como podemos observar en la gráfica anterior, misma que ha sido creada con base en la primera diferencia de la variable dependiente, las barras del correlograma no se salen de la banda del 95.0% de confianza, dicho de otra forma, los errores no están autocorrelacionados. Lo que nos permite corroborar que el problema de autocorrelación ha sido corregido. Es prudente hacer mención que el modelo cumple también con los demás supuestos de los estimadores,²⁷ aun cuando éste ha sido calculado con la primera diferencia. El cuadro 3 contiene los resultados de las pruebas que han sido realizadas nuevamente, donde concluimos que los errores son homoscedásticos, con una distribución normal, forma funcional correcta y no hay multicolinealidad.

Cuadro 3
Evaluación econométrica con serie en Primeras Diferencias

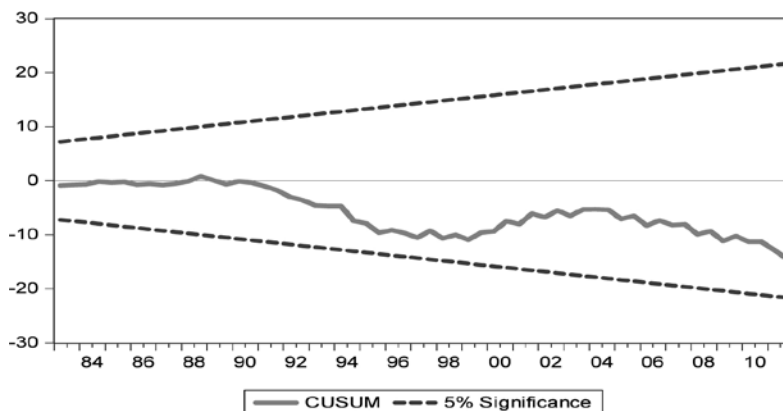
Prueba	Heteroscedasticidad ARCH	Forma Funcional Ramsey Reset	Multicolinealidad
Estadístico F	0.2306	1.6572	DVOL_PROD_RIEGO 1.000000 PMR_RIEGO 0.104793 S_SEM_RIEGO 0.788831 S_SINI_RIEGO 0.487374
Probabilidad	0.6328	0.2031	

74

Fuente: Elaboración propia.

Un efecto más que podemos apreciar cuando se introduce la primera diferencia al análisis econométrico es la mejora en el esquema del cambio estructural, el cual se ve de la siguiente forma:

Gráfica 7
Permanencia estructural de los errores del modelo en primeras diferencias



Fuente: elaboración propia.

²⁷ Los estimadores son aquellos valores de los parámetros que no se conocen en una muestra. Entre más datos se tengan o la muestra sea cada vez más grande, estos valores estimados tenderán a acercarse al valor correcto y verdadero del parámetro. (López, 2006:227).

La gráfica muestra, haciendo uso de la prueba Cusum, que ante el cambio hecho a la primera diferencia de la variable dependiente, no hay presencia de cambio estructural a lo largo de los datos de la muestra, ya que en la gráfica, el estadístico permanece dentro de la banda del 95.0% de confianza.

Predicciones del modelo

Una vez que el modelo ha sido corregido y las pruebas de los estimadores arrojan resultados adecuados y dentro de los parámetros solicitados, la predicción del modelo constituye un apartado más en el análisis de la regresión.²⁸ Esta predicción se realiza bajo la premisa de que se han cumplido los supuestos de los estimadores. La siguiente tabla muestra los datos en sus unidades reales y al final se le ha añadido un espacio mostrando los valores que han sido determinados con base en lo siguiente:

Para el caso de la variable Precio Medio Rural ($PMR_{\text{RIEGO/NOMINAL}}$), misma que ha mostrado una tendencia creciente y estable (siendo la única variable del modelo con dicho comportamiento), los valores que se usarán para la estimación (2012, 2013 y 2014) fueron obtenidos considerando el promedio de los últimos 10 valores y asumiendo una tasa crecimiento promedio de aproximadamente 13 por ciento entre cada valor, lo anterior sobre una base de 2006.

En el caso de la variable Superficie Sembrada en riego, se tomaron en cuenta las tasas de crecimiento promedio para periodos con tendencia a la baja (con decrementos de aproximadamente 14.3 por ciento), y una tasa de aproximadamente el 12.5 por ciento para los periodos con tendencia a la alza.

Por otro lado encontramos que para el análisis de la variable Superficie Siniestrada, también se consideraron las tasas de crecimiento promedio para periodos con tendencia a la baja.²⁹ Dichos decrementos presentan una tasa promedio del 29 por ciento mientras que la tasa de crecimiento promedio es de 31 por ciento.

²⁸ Con el objetivo de predecir el comportamiento de la variable dependiente, en este caso el volumen de producción de maíz bajo cultivo de riego, se deben considerar todas las variables independientes que conformaron al modelo y generar datos con base tanto en la observación de la tendencia de la variable, como en una tasa de crecimiento o decrecimiento promedio según sea el caso. Sin embargo dada la naturaleza de los elementos a estudiar, en este caso variables con tendencia estacional y fuertemente afectadas por fenómenos difícilmente cuantificables, la predicción será realizada solo a 3 años (y mostrada de nueva cuenta en periodos de cultivo o semestrales) así como en valores reales (aquellos que no han sido modificados para su unificación) eliminando de esta forma la interpretación basada en los cambios porcentuales.

²⁹ En este caso es prudente mencionar que la tendencia a la baja de la superficie siniestrada constituye un aspecto positivo, ya que esto indica que las condiciones tanto de los cultivos como climatológicas e incluso económicas presentan mejoría, ya que al disminuir la superficie siniestrada, el volumen de la producción de maíz aumenta. Lo anterior se demostró al inicio del análisis econométrico con los signos de los parámetros que nos hablaban de una relación a la inversa).

Estas tasas nos muestran que el crecimiento de la superficie sembrada es menor que aquella que ha sido siniestrada, por lo tanto el volumen de producción aunque muestra una ligera tendencia a la alza de forma estacional, ha sufrido caídas muy fuertes a lo largo del periodo de la muestra. Una de las caídas más fuertes del volumen de producción que puede ser observada en la muestra puede ser explicada en parte por la sequía que se presentó en el 2011 (último año de la muestra) y por la falta de sistemas de distribución de riego adecuado. Por lo anterior debemos ser prudentes al momento de realizar una predicción, ya que si bien las hectáreas sembradas en 2011 alcanzaron niveles sin precedentes, así también lo hicieron las cosechas (hectáreas) peligrosamente afectadas. Las variables independientes son pronosticadas con base en lo mencionado previamente y mostradas en el cuadro 4 y en recuadro punteado.

Cuadro 4
Predicción de las variables independientes

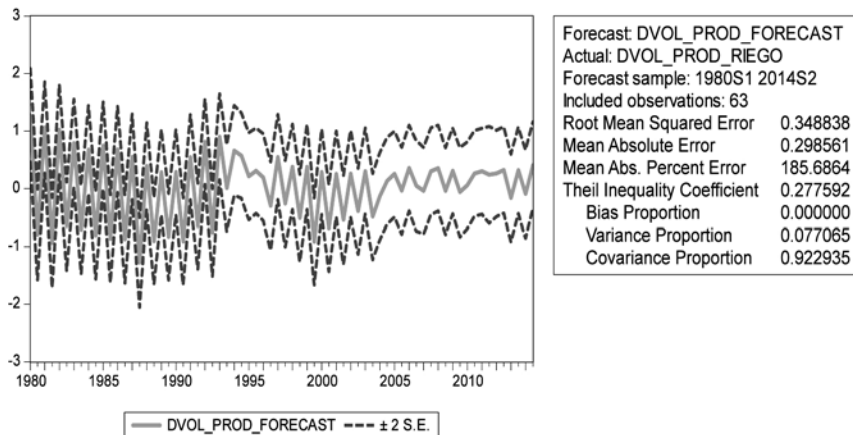
<i>Cultivo RIEGO de MAIZ GRANO</i>	<i>Periodo</i>	<i>Volumen Producción (Ton)</i>	<i>Sup. Siniestrada (Ha)</i>	<i>Sup. Sembrada (Ha)</i>	<i>PMR_{NOMINAL} (\$/Ton)</i>
1980	Primavera-Verano	2,484,008	40,523	934,232	4.97
1980	Otoño-Invierno	557,751	3,399	225,182	4.44
1981	Primavera-Verano	2,357,935	43,854	818,580	6.71
1981	Otoño-Invierno	641,596	4,239	210,106	6.41
1982	Primavera-Verano	2,151,007	100,618	844,802	9.69
1982	Otoño-Invierno	775,219	9,508	274,382	8.59
1983	Primavera-Verano	2,009,955	39,878	725,630	19.75
1983	Otoño-Invierno	715,064	14,567	280,236	16.01
1984	Primavera-Verano	1,974,458	94,999	719,537	33.36
1984	Otoño-Invierno	823,940	11,594	270,116	27.62
1985	Primavera-Verano	2,426,915	25,499	751,425	52.48
1985	Otoño-Invierno	858,853	2,826	255,090	42.92
1986	Primavera-Verano	2,228,965	64,844	778,832	101.33
1986	Otoño-Invierno	862,232	17,377	277,154	58.22
1987	Primavera-Verano	2,146,145	40,638	745,979	236.43
1987	Otoño-Invierno	562,198	12,632	221,085	168.99
1988	Primavera-Verano	1,669,195	84,589	707,959	393.98
1988	Otoño-Invierno	1,146,205	6,044	301,112	325.24
1989	Primavera-Verano	1,858,914	18,818	632,237	498.13
1989	Otoño-Invierno	864,859	12,736	330,756	383.39
1990	Primavera-Verano	2,251,659	18,720	644,009	608.08
1990	Otoño-Invierno	1,056,872	9,225	314,793	507.35
1991	Primavera-Verano	2,814,774	42,972	813,452	699.06
1991	Otoño-Invierno	1,458,016	9,980	394,008	663.51
1992	Primavera-Verano	3,759,597	50,792	1,009,286	754.32
1992	Otoño-Invierno	1,641,272	26,172	378,734	745.98
1993	Primavera-Verano	4,380,443	48,137	1,074,075	754.27

MODELO ECONÓMICO PARA EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN CULTIVO DE RIEGO (1980-2011)

1993	Otoño-Invierno	3,323,215	6,760	644,912	753.47
1994	Primavera-Verano	4,372,562	21,156	1,078,143	625.00
1994	Otoño-Invierno	4,202,827	33,034	818,905	669.51
1995	Primavera-Verano	3,236,770	14,638	796,988	1,097.39
1995	Otoño-Invierno	3,045,864	14,644	659,929	739.34
1996	Primavera-Verano	3,182,668	10,586	788,266	1,333.15
1996	Otoño-Invierno	2,528,514	9,762	441,056	1,698.43
1997	Primavera-Verano	3,719,184	21,895	838,805	1,315.70
1997	Otoño-Invierno	3,203,268	3,780	545,402	1,462.54
1998	Primavera-Verano	3,331,023	21,360	742,449	1,413.88
1998	Otoño-Invierno	2,773,254	29,689	482,708	1,347.04
1999	Primavera-Verano	3,331,023	21,360	742,449	1,413.88
1999	Otoño-Invierno	1,856,716	4,583	333,693	1,391.54
2000	Primavera-Verano	3,208,382	22,611	695,477	1,401.59
2000	Otoño-Invierno	2,624,181	2,826	393,722	1,527.96
2001	Primavera-Verano	3,112,243	13,419	666,540	1,446.91
2001	Otoño-Invierno	2,925,383	1,046	415,198	1,196.43
2002	Primavera-Verano	3,339,745	7,103	653,368	1,426.44
2002	Otoño-Invierno	3,438,045	5,146	492,178	1,219.48
2003	Primavera-Verano	3,618,369	8,492	681,869	1,488.21
2003	Otoño-Invierno	3,350,298	4,138	461,553	1,439.04
2004	Primavera-Verano	3,306,944	36,495	654,017	1,560.51
2004	Otoño-Invierno	4,613,295	41,571	638,753	1,576.65
2005	Primavera-Verano	3,820,400	25,266	687,824	1,598.10
2005	Otoño-Invierno	5,040,087	33,030	691,196	1,358.02
2006	Primavera-Verano	3,966,673	10,784	715,476	1,459.78
2006	Otoño-Invierno	5,213,210	1,461	666,978	1,512.73
2007	Primavera-Verano	3,918,784	10,585	684,875	1,996.98
2007	Otoño-Invierno	5,710,003	5,748	697,343	2,346.60
2008	Primavera-Verano	4,501,644	17,660	754,980	2,282.14
2008	Otoño-Invierno	5,892,247	20,719	720,355	2,789.56
2009	Primavera-Verano	4,544,653	26,052	749,701	2,779.42
2009	Otoño-Invierno	5,694,767	1,782	648,795	2,689.22
2010	Primavera-Verano	4,524,451	13,693	761,223	2,627.53
2010	Otoño-Invierno	5,925,934	13,075	697,176	2,351.19
2011	Primavera-Verano	4,697,044	12,685	727,981	2,812.29
2011	Otoño-Invierno	3,711,071	433,009	1,011,686	3,668.84
2012 (F)	Primavera-Verano	-	22,248	748,630	4,329.23
2012(F)	Otoño-Invierno	-	28,283	798,109	4,989.62
2013(F)	Primavera-Verano	-	26,108	702,219	5,650.01
2013(F)	Otoño-Invierno	-	24,101	806,130	6,310.40
2014(F)	Primavera-Verano	-	32,860	759,184	6,970.80
2014(F)	Otoño-Invierno	-	30,031	882,046	7,631.19

Fuente: elaboración propia con base en Siacon (2012) y considerando las tasas de decremento y crecimiento mencionadas previamente.

Gráfica 8
Estimación (Forecast) del Volumen de Producción del maíz en riego (2012-2012)



78

Fuente: elaboración propia.

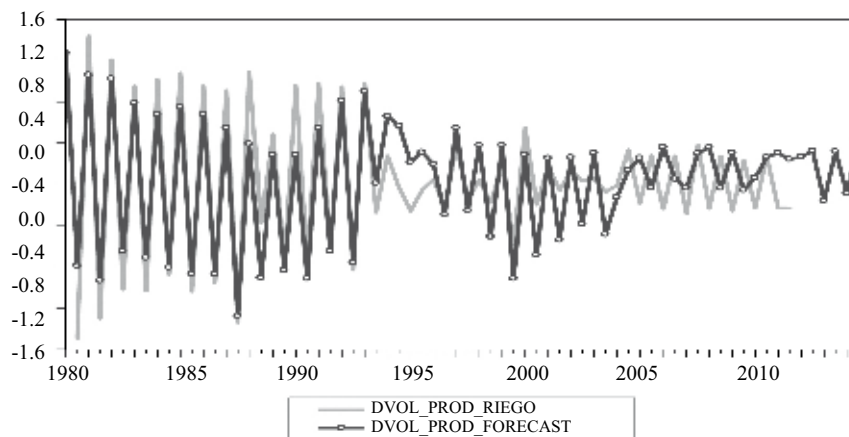
Para definir si la predicción hecha es acertada, el coeficiente de desigualdad de Theil, es dividido en tres segmentos i) La proporción de sesgo, la cual mide la desviación del volumen de producción de maíz estimado y los datos reales de la variable. El hecho de que el valor de esta proporción sea sumamente cercana a cero (Bias Proportion: 0.000000) indica que no hay sesgo sistemático y que el modelo está bien planteado. ii) La proporción de la varianza indica la capacidad del modelo de replicar el nivel de inestabilidad de los valores de la producción. En este caso Variance Proportion equivale a 0.077065) lo que es adecuado para la predicción realizada. Por último iii) El valor de la proporción de la covarianza debe ubicarse en un valor de uno o cercano a uno, por lo que un valor de Covariance Proportion de 0.9229, tal como el que el modelo arroja, nos indica que las predicciones convergen con los resultados reales. El esquema 8 nos mostró la predicción de forma gráfica, sin embargo esta también es obtenida numéricamente, en el siguiente cuadro. Es importante mencionar que en el siguiente cuadro serán mostrados sólo los valores pronosticados para los siguientes seis periodos de análisis (véase Cuadro 5).

La gráfica siguiente nos describe la evolución de nuestra variable Volumen de Producción, tanto aquella pronosticada como la variable real, por lo anterior podemos asumir que nuestra gráfica muestra convergencia entre la variable real y aquellas que se ha intentado pronosticar en el presente ejercicio.

Cuadro 5
Predicción de la variable dependiente con serie en Primeras Diferencias

Año	Primera Diferencia (ForecastDvol_Prod_Riego)	Y_{t-1}	Y ($Y_t = Y_{t-1} + \text{Primera Diferencia}$)	Volumen de Producción (Toneladas) PRONÓSTICO \hat{Y}	Volumen de Producción (Toneladas) REAL Y
2012	0.263894	15.362	15.63	6,115,505	-
2012	0.322121	15.362	15.68	6,482,164	-
2013	-0.160495	15.362	15.20	4,000,576	-
2013	0.317025	15.362	15.68	6,449,215	-
2014	-0.090685	15.362	15.27	4,289,836	-
2014	0.405419	15.362	15.77	7,045,241	-

Gráfica 9
Volumen de Producción Real y Producción Estimada
(Serie en Primeras Diferencias)



Fuente: elaboración propia.

Consideraciones finales

La predicción que se ha realizado con base en los resultados obtenidos considera que el modelo cubre con los supuestos de los estimadores, esto es que dichos parámetros son insesgados, de mínima varianza y lineales por lo que la eficiencia se hace presente. Se concluye que existe normalidad en la forma de distribución de los errores y no se perciben errores por variables añadidas u omitidas, así mismo se debe asumir que los estimadores permanecerán invariables y constantes a lo largo del tiempo. Los errores de nueva cuenta se muestran homoscedásticos, lo que nos indica que su varianza permanece constante a lo largo de toda la muestra. El modelo corregido es eficaz al momento de explicar a la variable dependiente (volumen de producción del maíz en riego) por lo que la predicción realizada arroja resultados pertinentes con base en la información recabada.

Por todo lo anterior podemos concluir que el modelo estimado es adecuado y que proporciona información que puede coadyuvar a los procesos de creación de conocimiento e investigación en cuanto al sector agrícola se refiere. Los aportes que la econometría hace al estudio económico son indiscutibles, y en este trabajo se mostró, aunque de forma rápida y hasta cierto punto limitada, un ejercicio que arrojó pronósticos y comportamientos hipotéticos de las variables escogidas. Sin embargo, es necesario aclarar que las estimaciones aquí presentadas deben considerarse siempre con cautela, ya que el sector agrícola depende de múltiples factores y variables que se ven ampliamente impactados por sucesos que escapan en su mayoría al control humano. Esto no debe ser desalentador, ya que si se conoce el comportamiento de todas las variables, haciendo uso de estas herramientas econométricas, los efectos de dichos sucesos podrían ser suavizados y ampliamente prevenidos. Estas herramientas de medición deberán favorecer a la toma de decisiones en materia de crecimiento de la producción de alimentos (volúmenes de producción de granos básicos y en específico del maíz). Así mismo la efectividad del modelo deberá ser puesta a prueba, sin embargo y por ahora los resultados del ejercicio pueden considerarse satisfactorios.

Bibliografía

- Bustamante, Sifuentes y Unland (2005), "Programación Integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México", *Agrociencia*. Volumen 40, Número 1. México.
- Flores Verdusco, Juan José y Schwentesius Rindermann, Rita (2001), "Razones para renegociar el TLCAN en el sector de granos y oleaginosas de México" en, *Estrategias para el cambio en el campo mexicano*, Coordinadores Gómez Cruz, Miguel Ángel y Schwentesius Rindermann, Rita. Universidad Autónoma de Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. México.
- Lechuga Montenegro, Jesús (2006), *La estructura Agraria de México. Un análisis de Largo plazo*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias Sociales y Humanidades. México.
- López Casuso, Rafael (2006) *Calculo de Probabilidad e Inferencia Estadística con tópicos de Econometría*, Universidad Andrés Bello, Publicaciones UCAB Caracas Venezuela.
- Nicholson, Walter (2006) *Teoría Microeconómica: Principios Básicos y Ampliaciones*, Editorial Thomson. España.
- Ochoa Bautista, Raúl y Ortega Rivas, César (2009) "El comercio internacional y las políticas proteccionistas en el marco mundial de la crisis económica y alimentaria", *Revista Claridades Agropecuarias*. Disponible en <<http://www.infoserca.gob.mx/claridades/revistas/191/ca191.pdf>> [consultado: marzo, 2013].
- Pérez López, César (2007), *Econometría Básica Técnicas y Herramientas*, Pearson Educación, S.A., Madrid.
- Sagarpa (2012) Evaluación de Consistencia y Resultados 2011-2012. Tecnificación de Riego. En <http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Evaluacin%20de%20Consistencia%20y%20Resultados%2020112012/ECyR%202011-2012/RepMoc_Tecnificacion_de_Riego_Anexo.pdf> [consultado: 3 de noviembre, 2012].
- SIACON (2011) Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (2012) en <www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=> [consultado: 02 de noviembre, 2012].
- Yunez, Naude, Antonio (1988). *Crisis de la Agricultura Mexicana: Reflexiones teóricas y análisis empírico*, México, El Colegio de México-Fondo de Cultura Económica.