

ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETERMINANTES PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN SANTA CRUZ

Jéssica Michelle Ibáñez¹

¹ Graduada de Ingeniería Económica - UPSA.

Resumen

La producción de maíz en Bolivia es limitada por diversos factores, siendo que representa un importante aporte en la seguridad alimentaria en Bolivia por sus niveles de nutrientes que posee. A pesar de esto, la producción sólo alcanza para satisfacer la demanda interna del país, siendo el departamento de Santa Cruz el que mayor porcentaje aporta a la producción total.

Asimismo, se planteó dos modelos econométricos con posibles variables que sean determinantes para la producción de maíz en el departamento de Santa Cruz y luego se procedió a analizar los modelos. Las variables de los modelos son: rendimiento de la producción de maíz, superficie cultivada, precio internacional de maíz y producción de sorgo que corresponden al periodo entre 1984-2019.

Los modelos demostraron ser representativos y la variable rendimiento del cultivo resultó ser determinante para la producción en ambos modelos. En el primer modelo econométrico la variable de superficie cultivada y la variable dummy que se utilizaron fueron representativas. Sin embargo, en el segundo modelo demostró que un cambio en la producción de sorgo afectaría la producción de maíz en el departamento.

Palabras claves: Maíz, Producción, Seguridad alimentaria.

Abstract

Corn production in Bolivia is limited by various factors, being that it represents an important contribution to food security in Bolivia due to its nutrient levels. Despite this, production is only enough to satisfy the country's internal demand, with the department of Santa Cruz being the one that contributes the highest percentage to total production.

Likewise, two econometric models were proposed with possible variables that are determinant for corn production in the department of Santa Cruz and then the models were analyzed. The variables of the models are: yield of corn production, cultivated area, international price of corn and sorghum production that correspond to the period between 1984-2019.

The models proved to be representative and the crop yield variable turned out to be decisive for production in both models. In the first econometric model, the cultivated area variable and the dummy variable that was used were representative. However, in the second model he showed that a change in sorghum production would affect corn production in the department.

Keywords: Corn, Production, Food security.

Introducción

El maíz es uno de los granos más importantes para la agroindustria después de la producción de soya. Con la creación de la Empresa de Apoyo a la Producción de Alimentos (EMAPA) y el trabajo junto con pequeños y grandes productores a nivel nacional se desarrollaron programas de apoyo a la producción agrícola, a través de la provisión de insumos, como

ser las semillas certificadas, fertilizantes, defensivos agrícolas en los ríos, entre otros, además, que no les exigen a los productores garantías hipotecarias y a cero por ciento de interés. Asimismo, de manera gratuita brinda asistencia técnica y capacitaciones permanentes para los productores. Los rendimientos de los cultivos de maíz se ven afectados

principalmente por el artículo 155 de la Constitución Política del Estado, que establece que el gobierno no puede firmar convenio alguno relacionado con la importación, exportación o producción de productos transgénicos. Además se ven afectados por las plagas, el clima, entre otros factores que son determinantes para que las campañas agrícolas sean un éxito y generen excedentes para la exportación. A consecuencia de esto, este trabajo determinará y analizará cuáles son las variables con más peso para que la producción de maíz sea un éxito y demuestre buenos rendimientos en términos de producción y monetarios.

Descripción del sector del maíz

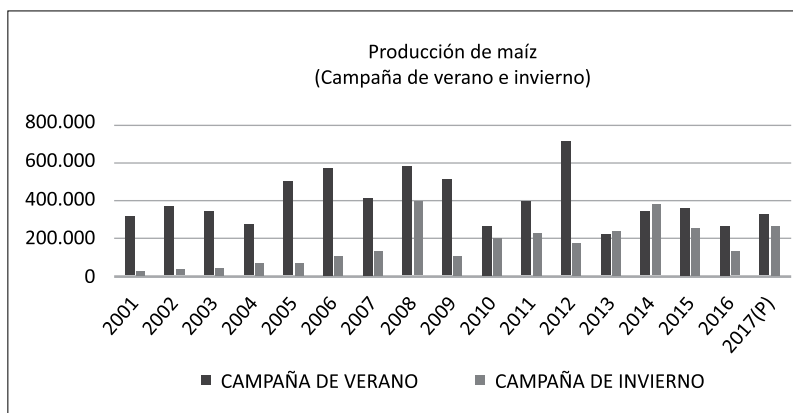
El grano de maíz en Bolivia constituye una base fundamental en la seguridad alimentaria, ya que es uno de los alimentos principales en el consumo de aves y animales de consumo humano. El maíz en Bolivia tiene dos procesos de industrialización que son la molienda seca y la molienda húmeda. El departamento con la producción de maíz más alta es Santa Cruz con un 50,3% de participación, luego le sigue Chuquisaca con 20,1% y Tarija con 10%. En menores porcentajes

Potosí, La Paz, Beni y Pando. (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, 2012).

Siendo Santa Cruz el departamento que más aporta a la producción de maíz, éste se divide en 5 zonas de cultivo que son: central integrada, norte integrado, este de expansión, sur-cordillera y valles cruceños. El departamento de Santa Cruz tiene un clima bastante variado y los productores de maíz tienen fechas específicas para la siembra. Existe la campaña de verano y la campaña de invierno.

La campaña de verano, que comprende los meses desde noviembre a marzo siendo la más importante ya que el clima es favorable, además de que la mayoría de los productores de maíz optan por otro tipo de cultivo en la siembra de invierno, es por ello que en la campaña de invierno la producción de maíz baja, pero sigue siendo un aporte importante para la demanda interna del país porque es un grano con demanda constante por su importancia alimentaria. Como se observa en el gráfico 1, la campaña de verano supera en producción a la campaña de invierno.

Gráfico 1. Volumen de producción de maíz en la campaña de verano 2001-2017



Fuente: CAO-SIPREM

Grupo maicero

En el departamento de Santa Cruz existen instituciones públicas que regulan, ayudan y establecen normas además de los Ministerios de Desarrollo Rural y Tierras y de Panificación del Desarrollo. Entre ellas mencionamos las siguientes: el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT), el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG), la Empresa de Apoyo a la Producción de Alimentos (EMAPA), la Cámara Agropecuaria del Oriente (CAO), el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE), la Cámara de Exportadores de Santa Cruz (CADEX), el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) y por último, existen asociaciones como la asociación de Productores de Maíz y Sorgo (PROMASOR) y la Asociación de Productores de Oleaginosas y Trigo (ANAPO) que tienen por objetivo representar, defender, asesorar y asistir a los productores maiceros tanto en el ámbito técnico como legal en las actividades agrícolas.

Oferta y demanda de maíz en el departamento de Santa Cruz

Cuando se habla de la oferta de maíz, hacemos referencia a los productores que durante las campañas de verano e invierno cosechan este grano. A estos productores se los puede clasificar en tres grandes categorías: pequeño (1-49 hectáreas), mediano (50-499 hectáreas) y grande (500 o más hectáreas).

La mayor demanda que tiene la producción de maíz es en primer lugar en la avicultura, luego le siguen la porcicultura y la ganadería y de último el consumo humano. En Bolivia en los últimos años la exportación de maíz fue muy restringida por decretos supremos que ponían límites a los cupos de exportación ya que primero se tiene que abastecer al mercado interno.

En Santa Cruz hay asociaciones que aglutinan a los productores de las tres actividades que consumen la mayor parte de la producción de maíz. Estas asociaciones son: la Asociación de Avicultores de Santa Cruz (ADA) la cual representa a todos los productores avícolas del departamento de Santa Cruz, la Asociación Departamental de Porcicultores de Santa Cruz (ADEPOR) agrupa a todos los porcicultores del departamento y FEDEPLE, que es la Federación Departamental de Productores de Leche que reúne a los productores lecheros, cada una de ellas tiene un impacto diferente en el sector maicero.

Determinación de las variables influyentes en la producción de maíz

La producción de maíz en el departamento de Santa Cruz es determinada por un sinfín de variables, como ser: la zona de siembra, el tipo de productor (pequeño, media y grande), los rendimientos de la producción, la superficie cultivada, la variación de los precios locales e internacionales, la producción y el precio de los cultivos sustitutos, los créditos que dan los bancos a los productores, los diferentes impuestos, entre otras.

Estas variables son elegidas a criterio propio con el fin de demostrar si realmente afectan o no la producción de maíz en el departamento de Santa Cruz. Además, se utilizará una variable dummy la cual representa un quiebre estructural en la producción de maíz.

- **Rendimiento de la producción de maíz**

El rendimiento agrícola es la relación de la producción total cosechada por hectárea de terreno cultivada. Esta relación se mide normalmente en toneladas métricas por hectárea. Sin embargo, en el INE miden

el rendimiento de los cultivos por kilogramo por hectárea. El rendimiento del cultivo de maíz puede variar por dos principales factores que son la calidad de la semilla que usan los productores y los factores ambientales que varían de acuerdo a la zona donde se está sembrando. La variable “rendimiento” estará medida en kilogramos por hectárea. Se utilizará una data histórica de 36 años solamente del departamento de Santa Cruz.

La curva del rendimiento del cultivo de maíz a través de los años ha ido evolucionando en el departamento de Santa Cruz ya que al pasar los años tanto los productores grandes como los pequeños han ido utilizando semillas certificadas dando así mayores rendimientos a nivel departamental. También han ido “luchando” contra los factores climáticos como las sequías, contrarrestándolas con diversos sistemas de riegos, o haciendo defensivos en los campos para prevenir las inundaciones. Asimismo, esta curva tiene sus puntos de quiebre, ya que han habido años que las sequías o las inundaciones han sido incontrolables y los rendimientos de esos años no han sido los más altos. Otro factor que influye en el rendimiento es el tipo de semillas que utilizan. En Bolivia en general está prohibido por la Constitución Política del Estado el uso de semillas genéticamente modificadas. El no uso de semillas transgénicas hace que Bolivia se posicione entre los países con rendimientos bajos en el cultivo de maíz en Sudamérica.

- **Superficie cultivada en Santa Cruz**

Cuando se habla de superficie cultivada, se refiere a la cantidad de tierra que se usa para sembrar cierto tipo de cultivo. El INE lleva un registro desde 1983 a 2019 de la superficie cultivada, la cual mide en hectáreas. Esta variable tiene varios

factores que la influyen como ser el factor climático, ya que cuando hay sequías o inundaciones esta superficie disminuye notablemente. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2017) presentó un informe donde calculaba entre 2006 y 2010 que los fenómenos de El Niño y La Niña han afectado un 5% la superficie cultivada y que en las gestiones agrícolas 2006/7, 2007/8, 2008/9, 2009/10 las pérdidas fueron mayores con un 5,8% a 6,7% de hectáreas afectadas.

- **Precio internacional del maíz**

El maíz es considerado un commodity, esto quiere decir que en sí es un bien de tipo genérico, o sea, no tienen una diferencia entre sí. Cuando se menciona a los commodities se hace referencia a las materias primas o bienes primarios y un claro ejemplo es el maíz ya que se cultiva en muchas partes del mundo y “normalmente” tienen en el mismo precio y la misma calidad. Los productores de maíz hacen seguimiento del comportamiento de las principales Bolsas internacionales que cotizan granos, como ser la Bolsa de Chicago en EEUU y la Bolsa de Comercio de Rosario en Argentina, ya que esta información sirve de base para los precios de los granos del mercado local. Esto ayuda a que los productores pequeños puedan mejorar sus negociaciones de los precios con la industria nacional. Esta variable está medida por dólar/tonelada.

- **Producción de sorgo**

El grano de maíz tiene como principal sustituto el grano de sorgo. Este grano logra satisfacer todos los requerimientos para el alimento de los animales. Sin embargo, la producción de sorgo casi siempre va estar por debajo de la del maíz al contar con un valor nutricional casi similar a este debido a su valor energético, contenido de fibra, calcio

y hierro. Este cultivo se lo utiliza de dos maneras comúnmente, el primero sirve para hacer el alimento balanceado de los animales, para la avicultura y porcicultura, ya que en el sector lechero se utiliza solamente el grano de sorgo. También se lo utiliza como forraje, que es cuando se utiliza toda la planta por más que esté seca o verde. El sorgo se lo utiliza también para la rehabilitación de los suelos, es decir, cuando el agricultor quiere fertilizar sus hectáreas donde haya sembrado soya, maíz, girasol, entre otros, este cultiva sorgo, ya que este oxigena la tierra y la nutre dejándola lista para un siguiente cultivo. El sorgo está entre los cereales más importantes del mundo en cuanto a volúmenes de producción y superficie cultivada, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. En Bolivia, según los informes que da la CAO, se cultiva en los departamentos de Tarija, Beni y Santa Cruz, siendo el último el departamento que mayor porcentaje aporta a la producción con más del 95%.

- **Variable Dummy en el año 2009**

En el año 2009 la producción de maíz ascendió a 913.467 toneladas métricas en el departamento de Santa Cruz. En la tabla 4.1 se muestra que los tres años anteriores al 2009 la producción de maíz tenía una tendencia al alza, ya que por diversos factores tenía buenos rendimientos y así como un aumento en la superficie cultivada año tras año como muestra la tabla mencionada. Luego de que en el 2009 sea un año excepcional ya que su rendimiento subió a 4,100 toneladas por hectárea y sus hectáreas cultivadas fueron 222.773 en el departamento de Santa Cruz. En el 2010, Bolivia fue azotada por el fenómeno de “El Niño”, por lo que el Gobierno del país declaró emergencia nacional (La patria online, 2010) ya que, por la cantidad de lluvia, hubo

riadas e inundaciones que afectaron a muchas familias y provocaron que la mayoría de los cultivos de distintas zonas se perdieran parcialmente o en otros casos en su totalidad. Debido los desastres naturales en el departamento, la producción de maíz tuvo una caída en cuanto a producción y superficie cultivada, por ello, también su rendimiento bajó. En los dos años posteriores de las riadas e inundaciones, los productores de maíz fueron levantándose de su pérdida del año 2010 y la producción y superficie cultivada fueron mejorando año tras año. Es por ello que en la estimación de los modelos econométricos se va usar una variable Dummy en el año 2009, esta variable asume el valor de 1 en este año ya que fue un año excepcional y en los demás años asume el valor de 0.

ANÁLISIS DE LAS VARIABLES INFLUYENTES EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ

Una vez ya descrito el sector del maíz en Santa Cruz y determinadas algunas variables que pueden influir en la producción del grano, se da la necesidad de hacer un análisis matemático donde permita analizar la producción de maíz en función a las variables ya determinadas anteriormente.

Especificación general

Esta investigación está basada en la teoría de la producción, donde se analiza la relación entre la cantidad de factores que son influyentes en la producción de un bien y la cantidad producida del mismo. Es decir, la producción de maíz en Santa Cruz está en función de los rendimientos anuales de maíz, de la superficie cultivada, del promedio anual del precio internacional del grano de maíz en la Bolsa de Chicago, de la producción anual de sorgo en el departamento de Santa Cruz y una variable dummy en el año 2009.

Especificación de las variables

PROD_MAIZ: Representa a la producción de maíz anual en el departamento de Santa Cruz que está expresada en tonelada métrica y los datos fueron obtenidos del INE.

RENDIMIENTO: Representa el rendimiento de la producción de maíz en el departamento de Santa Cruz y esta expresada en tonelada métrica por hectárea y los datos fueron obtenidos del INE.

SUP_CULTIVADA: Representa las hectáreas sembradas del cultivo de maíz en Santa Cruz, estos datos fueron obtenidos del INE.

PRECIO_MAIZ_INT: Representa al precio promediado anual del maíz internacional cotizado en la Bolsa de Valores de Chicago.

PROD_SORGO: Representa a la producción de sorgo anual en el departamento de Santa Cruz que esta expresada en tonelada métrica y los datos fueron obtenidos del INE.

D09: Representa a la variable dummy que tiene como valor 1 en el año 2009 y en los otros años toma el valor de 0.

Estacionariedad de las variables

Antes de empezar a formular los modelos econométricos para el trabajo, se realizó una verificación de las variables si eran estacionarias o no. Esta prueba consiste en realizar la prueba de raíz unitaria a cada una de las variables determinadas. La condición consiste en contrastar el valor del t-Statistic en valor absoluto, el cual es conocido como el Dickey-Fuller, con los valores críticos en términos de valor absoluto en diferentes niveles de significancia (1%, 5%, 10%).

En caso de que el Dickey-Fuller es mayor que los valores críticos de los niveles de significación en valores absolutos, se dice que la serie es estacionaria. Las pruebas de raíz unitaria están detalladas en el anexo II. Los resultados de las pruebas de raíz unitaria a las variables están representados en la tabla 1 donde se observa el orden de integración de cada variable y su nivel de significancia al que es estacionaria cada una.

Tabla 1. Resultados de la prueba de estacionariedad de las variables

Variable	Orden de integración	Significación
Producción de maíz	I (1)	1%
Rendimiento del maíz	I (1)	1%
Superficie Cultivada de maíz	I (1)	1%
Precio del maíz internacional	I (1)	1%
Producción de sorgo	I (1)	1%

Primer modelo

A través del primer modelo econométrico se quiere llegar a aceptar o rechazar la siguiente hipótesis:

Hipótesis 1

Existió una influencia del rendimiento del cultivo de maíz, de la cantidad de superficie cultivada, del precio internacional del

maíz y de la producción de sorgo durante el periodo de 1985 a 2019.

El primer modelo econométrico es de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), con los datos de series de tiempo para el periodo de 1985 a 2019. Contando con la siguiente ecuación:

Ecuación del primer modelo

$$PROD_MAIZ = B_0 + B_1 RENDIMIENTO + B_2 SUP_CULTIVADA + B_3 PRECIO_MAIZ_INT + B_4 PROD_SORGO + B_5 D09 + u$$

Presentación de los resultados

Luego de plantear el primer modelo, se evalúan los resultados obtenidos al correr la regresión en el software Econometric

Views (Eviews). De esta manera, se muestran los resultados que se obtuvieron de la regresión en la siguiente tabla:

Tabla 2. Resultado del modelo 1

Dependent Variable: PRODUCCION
Method: Least Squares
Date: 05/19/20 Time: 17:56
Sample: 1984 2019
Included observations: 36

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-286371.0	44211.19	-6.477342	0.0000
RENDIMIENTO	118961.6	9623.439	12.36165	0.0000
SUP_CULTIVADA	2.445233	0.218788	11.17629	0.0000
PRECIO_MAIZ_INT	-15.10212	57.27512	-0.263677	0.7938
PRODUCCION_SORGO	0.044413	0.051974	0.854525	0.3996
D09	157783.0	41774.50	3.777019	0.0007
R-squared	0.979578	Mean dependent var		396458.4
Adjusted R-squared	0.976174	S.D. dependent var		232378.6
S.E. of regression	35869.37	Akaike info criterion		23.96417
Sum squared resid	3.86E+10	Schwarz criterion		24.22809
Log likelihood	-425.3550	Hannan-Quinn criter.		24.05628
F-statistic	287.7939	Durbin-Watson stat		1.839738
Prob(F-statistic)	0.000000			

Análisis de los resultados

Con los datos obtenidos de Eviews se puede concluir lo siguiente:

Prueba de bondad global

La prueba de bondad global de acuerdo a Gujarati (2010) es realizada para poder determinar si la variable dependiente está relacionada o no linealmente con todas las variables explicativas.

Demostrando que la probabilidad de F-statistic siendo 0.000000 es menor al alfa de 0,05. Se determina que el modelo sí es globalmente significativo al 5%.

Esto quiere decir que se rechaza la hipótesis que se plantea de que el modelo no es globalmente significativo y se acepta la significación y validez del modelo.

Prueba de significación de los coeficientes de regresión

Esta prueba toma en cuenta el valor de p del estadístico t. El valor p muestra la probabilidad de obtener un valor igual o mayor al estadístico t en términos absolutos. Para que el coeficiente sea significativo debe cumplir la regla de

que su valor p tiene que ser menor a la probabilidad de significación generalmente aceptada (0.01, 0.05, 0.10).

Se le realizó la prueba de significancia a los coeficientes al 5% y se demostró que:

- La constante es significativa al 5% ya que su probabilidad de t -statistic es 0.0000.
- El rendimiento del maíz es significativo al 5% ya que su probabilidad de t -statistic es 0.0000.
- La superficie cultivada es significativa al 5% ya que su probabilidad de t -statistic es 0.0000.
- El precio del maíz no es significativo al 5% ya que su probabilidad de t -statistic es 0.7938.
- La producción de sorgo en Santa Cruz no es significativa al 5%, ya que su probabilidad de t -statistic es 0.3996.
- La variable dummy D09 es significativa al 5% ya que su probabilidad de t -statistic es 0.0007.

Interpretación de los coeficientes significativos

Luego de saber qué variables son significativas se procede a una interpretación de los resultados siguientes:

- Por cada tonelada métrica que aumente el rendimiento del cultivo, la producción de maíz en el departamento de Santa Cruz va aumentar en 118.961,6 toneladas por hectárea.
- Si la superficie cultivada aumenta en 1, la producción de maíz va aumentar en 2,445233 hectáreas cultivadas en Santa Cruz.
- La variable dummy, siendo significativa en el modelo, nos demuestra que el quiebre estructural que hubo en el año 2009 fue importante y causó una inestabilidad ya que fue un fenómeno inusual.

Prueba de regresión espuria

El fenómeno de la regresión espuria se presenta cuando no existe una verdadera relación estadística significativa entre las variables regresadas. (Gujarati & Porter, 2010).

La regla postulada por Granger-Newbold dice que si el coeficiente de determinación es mayor al valor de Durbin-Watson se tendría que sospechar de una regresión espuria. Con los datos de la tabla 2 se determina que no hay sospechas de espuriedad ya que el $R^2 = 0.979578$ es menor al Durbin-Watson = 1.839738.

Además, otra prueba que se hizo fue la de raíz unitaria a los residuos del modelo, para verificar si la regresión que se obtuvo realmente no tiene espuriedad. La tabla 3 nos muestra que la regresión está cointegrada al 1%, 5% y 10%. Es decir, que las variables tienen un nexo en el futuro.

Tabla 3. Resultados de la prueba de raíz unitaria a los residuos del modelo 1

Null Hypothesis: U has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-5.312976	0.0001
Test critical values:		
1% level	-3.632900	
5% level	-2.948404	
10% level	-2.612874	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
 Dependent Variable: D(U)
 Method: Least Squares
 Date: 05/19/20 Time: 17:58
 Sample (adjusted): 1985 2019
 Included observations: 35 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
U(-1)	-0.954289	0.179615	-5.312976	0.0000
C	-574.3842	5756.951	-0.099772	0.9211
R-squared	0.461028	Mean dependent var		-1975.985
Adjusted R-squared	0.444696	S.D. dependent var		45656.71
S.E. of regression	34022.80	Akaike info criterion		23.76289
Sum squared resid	3.82E+10	Schwarz criterion		23.85177
Log likelihood	-413.8507	Hannan-Quinn criter.		23.79357
F-statistic	28.22772	Durbin-Watson stat		1.963860
Prob(F-statistic)	0.000007			

Prueba de heterocedasticidad de White

Para determinar la heterocedasticidad del modelo, se empleó la prueba de heterocedasticidad de White, donde la prueba consiste en elaborar un modelo auxiliar para comparar la probabilidad

del coeficiente de determinación con los niveles de significación (0.01, 0.05, 0.10). Se dice que el modelo es homocedástico cuando la probabilidad es mayor a los niveles de significación.

Tabla 4. Resultado de la prueba de Heterocedasticidad del modelo 1

Heteroskedasticity Test: White			
F-statistic	2.938728	Prob. F(15,20)	0.0130
Obs*R-squared	24.76421	Prob. Chi-Square(15)	0.0532
Scaled explained SS	19.44420	Prob. Chi-Square(15)	0.1943

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID^2
 Method: Least Squares
 Date: 05/19/20 Time: 17:59
 Sample: 1984 2019
 Included observations: 36
 Collinear test regressors dropped from specification

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.81E+10	1.51E+10	1.197695	0.2450
RENDIMIENTO^2	1.07E+09	6.11E+08	1.755273	0.0945
RENDIMIENTO*SUP_CULTIVADA	25972.35	20610.44	1.260155	0.2221
RENDIMIENTO*PRECIO_MAIZ_INT	4094384.	4889232.	0.837429	0.4122
RENDIMIENTO*PRODUCCION_SORGO	-3086.271	5772.006	-0.534696	0.5988
RENDIMIENTO*D09	-1.90E+09	7.95E+08	-2.386697	0.0270
RENDIMIENTO	-1.03E+10	5.44E+09	-1.900844	0.0718
SUP_CULTIVADA^2	0.338752	0.266973	1.268860	0.2191
SUP_CULTIVADA*PRECIO_MAIZ_INT	-165.7730	139.0243	-1.192403	0.2471
SUP_CULTIVADA*PRODUCCION_SORGO	-0.193456	0.144730	-1.336665	0.1963
SUP_CULTIVADA	-57457.14	98751.30	-0.581837	0.5672
PRECIO_MAIZ_INT^2	10926.39	18483.49	0.591143	0.5610
PRECIO_MAIZ_INT*PRODUCCION_SORGO	58.23635	36.65852	1.588617	0.1278
PRECIO_MAIZ_INT	-7872726.	32234957	-0.244229	0.8095
PRODUCCION_SORGO^2	0.018373	0.017700	1.038002	0.3117
PRODUCCION_SORGO	10906.95	27869.84	0.391353	0.6997
R-squared	0.687895	Mean dependent var		1.07E+09
Adjusted R-squared	0.453816	S.D. dependent var		1.64E+09
S.E. of regression	1.21E+09	Akaike info criterion		44.96420
Sum squared resid	2.92E+19	Schwarz criterion		45.66799
Log likelihood	-793.3557	Hannan-Quinn criter.		45.20984
F-statistic	2.938728	Durbin-Watson stat		1.674892
Prob(F-statistic)	0.012963			

Dados estos valores en la tabla 4:

0.0130 > 0.01

0.0532 > 0.01

0.1943 > 0.01

Se puede afirmar que el modelo es homocedástico.

Prueba de autocorrelación

El término de autocorrelación según Gujarati (Econometría, 2010) se puede definir como la correlación entre miembros de series de observaciones ordenadas en el tiempo o en el espacio. Es decir, que se habla de autocorrelación cuando el término de error de una variable se encuentra correlacionado con el término de error de otra variable.

Una de las pruebas de autocorrelación es la de Durbin-Watson. Esta prueba dice que, si el valor del DW tiene un valor cerca del 2, no existe autocorrelación de primer orden. Si tiene un valor cercano a 0 se dice que puede tener una autocorrelación serial positiva. Por último, si el valor estadístico está cercano al 4 se sospecha de una autocorrelación negativa.

Con los datos de la tabla 2, se puede observar que el DW tiene un valor de 1.839738, siguiendo lo que dice la regla, se sospecha que el modelo no tiene autocorrelación, ya que su valor está cercano al 2.

Otra prueba para saber si el modelo tiene autocorrelación o no, es la prueba de Breusch-Godfrey, donde si el valor de la probabilidad del estadístico F es mayor a la probabilidad de significación del 0.01. En la tabla 5 se puede confirmar que el modelo no tiene autocorrelación, ya que el estadístico F tiene un valor de 0.7912 siendo mayor a la probabilidad de significación del 0.01.

Tabla 5. Resultado de la prueba de autocorrelación de Breusch-Godfrey del modelo 1

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:			
F-statistic	0.071402	Prob. F(1,29)	0.7912
Obs*R-squared	0.088419	Prob. Chi-Square(1)	0.7662

Test Equation:
 Dependent Variable: RESID
 Method: Least Squares
 Date: 05/19/20 Time: 18:00
 Sample: 1984 2019
 Included observations: 36
 Presample missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3326.660	46605.31	0.071379	0.9436
RENDIMIENTO	-757.3037	10178.45	-0.074403	0.9412
SUP_CULTIVADA	0.001538	0.222329	0.006919	0.9945
PRECIO_MAIZ_INT	-3.229204	59.42445	-0.054341	0.9570
PRODUCCION_SORGO	-0.000869	0.052898	-0.016418	0.9870
D09	-3888.630	44862.34	-0.086679	0.9315
RESID(-1)	0.058735	0.219808	0.267212	0.7912
R-squared	0.002456	Mean dependent var		-4.57E-11
Adjusted R-squared	-0.203932	S.D. dependent var		33208.58
S.E. of regression	36437.74	Akaike info criterion		24.01726
Sum squared resid	3.85E+10	Schwarz criterion		24.32517
Log likelihood	-425.3107	Hannan-Quinn criter.		24.12473
F-statistic	0.011900	Durbin-Watson stat		1.950403
Prob(F-statistic)	0.999991			

Mecanismo de corrección de errores

Según Gujarati (Econometría, 2010, pág. 764) para el mecanismo de corrección de errores se basa en el teorema de representación de Granger, afirma que, si dos variables Y y X están cointegradas, la relación entre las dos variables se expresa como MCE. Las condiciones para

que el MCE tome relevancia es que el u (-1) tiene que ser significativo al 5% y el coeficiente de éste tiene que ser negativo. Este mecanismo indica a qué velocidad se ajustan los residuos rezagados en este caso un año.

Tabla 6. Mecanismo de corrección de errores (MCE) del modelo 1

Dependent Variable: D(PRODUCCION)
 Method: Least Squares
 Date: 05/19/20 Time: 19:07
 Sample (adjusted): 1985 2019
 Included observations: 35 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-10100.61	7218.577	-1.399252	0.1727
D(RENDIMIENTO)	111313.3	11343.69	9.812799	0.0000
D(SUP_CULTIVADA)	3.140666	0.249038	12.61121	0.0000
D(PRECIO_MAIZ_INT)	-11.10800	92.83908	-0.119648	0.9056
D(PRODUCCION_SORGO)	0.121843	0.070418	1.730291	0.0946
D09	157750.9	45776.57	3.446105	0.0018
U(-1)	-0.833690	0.260117	-3.205056	0.0034
R-squared	0.906818	Mean dependent var		11463.49
Adjusted R-squared	0.886850	S.D. dependent var		119447.9
S.E. of regression	40179.59	Akaike info criterion		24.21696
Sum squared resid	4.52E+10	Schwarz criterion		24.52803
Log likelihood	-416.7968	Hannan-Quinn criter.		24.32434
F-statistic	45.41437	Durbin-Watson stat		1.677112
Prob(F-statistic)	0.000000			

Interpretación

El u (-1) es significativo al 5% y su coeficiente es negativo. Esto quiere decir, que se corrigen en un 0,833690 los errores de un año anterior cada año.

Segundo modelo

A través del segundo modelo econométrico se quiere llegar a aceptar o rechazar la siguiente hipótesis:

Hipótesis 1

Existió una influencia del rendimiento del cultivo de maíz, de la cantidad de superficie cultivada, del precio internacional del maíz y de la producción de sorgo durante el periodo de 1985 a 2019.

En el segundo modelo se va a estimar un modelo logarítmico – logarítmico, teniendo la siguiente ecuación:

Ecuación del segundo modelo

$$\log(\text{PROD_MAIZ}) = B_0 + B_1 \log(\text{RENDIMIENTO}) + B_2 \log(\text{PRECIO_MAIZ_INT}) + B_3 \log(\text{PROD_SORGO}) + B_4 \text{D09} + u$$

Presentación de los resultados

Luego de plantear el segundo modelo, se evalúa los resultados obtenidos al correr la regresión en el software Econometric

Views (Eviews). De esta manera, se muestra los resultados que se obtuvieron de la regresión en la siguiente tabla:

Tabla 7. Resultado del modelo 2

Dependent Variable: LOG(PRODUCCION)
Method: Least Squares
Date: 06/05/20 Time: 22:43
Sample: 1984 2019
Included observations: 36

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	7.138636	1.185161	6.023347	0.0000
LOG(RENDIMIENTO)	0.782335	0.177357	4.411074	0.0001
LOG(PRECIO_MAIZ_INT)	-0.199575	0.141021	-1.415216	0.1670
LOG(PRODUCCION_SORGO)	0.486477	0.045215	10.75931	0.0000
D09	0.447267	0.247648	1.806063	0.0806
R-squared	0.908459	Mean dependent var		12.66930
Adjusted R-squared	0.896647	S.D. dependent var		0.737394
S.E. of regression	0.237062	Akaike info criterion		0.087253
Sum squared resid	1.742144	Schwarz criterion		0.307186
Log likelihood	3.429451	Hannan-Quinn criter.		0.164015
F-statistic	76.91128	Durbin-Watson stat		1.067443
Prob(F-statistic)	0.000000			

Análisis de los resultados

Con los datos obtenidos de Eviews se puede concluir lo siguiente:

Prueba de bondad global

En el segundo modelo también se procede a realizar la prueba de bondad global para verificar si la variable de producción de maíz tiene una relación con las otras variables explicativas.

Demostrando que la probabilidad de F-statistic siendo 0.000000 es menor al alfa de 0,05. Se determina que el modelo sí es globalmente significativo al 5%.

Esto quiere decir que se rechaza la hipótesis que se plantea de que el modelo no es globalmente significativo y se acepta la significancia y validez del modelo.

Prueba de significación de los coeficientes de regresión

Al igual que el modelo 1, se procede a realizar la prueba de significancia de cada uno de los coeficientes de la regresión del modelo 2 al 5% de significancia y se demostró que:

- La constante es significativa al 5% ya que su probabilidad de t-statistic es 0.0000.

- El rendimiento del maíz es significativo al 5% ya que su probabilidad de t-statistic es 0.0001.
- El precio del maíz no es significativo al 5% ya que su probabilidad de t-statistic es 0.1670.
- La producción de sorgo en el departamento de Santa Cruz es significativa al 5% ya que su probabilidad de t-statistic es 0.0000.
- La variable dummy D09 no es significativa al 5%, ya que su probabilidad de t-statistic es 0.0806.
- Si la producción de sorgo en el departamento de Santa Cruz tiene un aumento de 1%, la producción de maíz aumentará en 0.486477%.

Prueba de regresión espuria

Se aplica la regla de Granger-Newbold dice que si el coeficiente de determinación es mayor al valor de Durbin-Watson se tendría que sospechar de una regresión espuria. Con los datos de la tabla 7 se determina que no hay sospechas de espuriedad ya que el $R^2 = 0.908459$ es menor al Durbin-Watson = 1.067443. A demás otra prueba que se hizo fue la de raíz unitaria a los residuos del modelo para verificar si la regresión que se obtuvo realmente no tiene espuriedad. La tabla 8 nos muestra que la regresión está cointegrada al 1%, 5% y 10%. Es decir, que las variables tienen una conexión en el futuro.

Interpretación de los coeficientes significativos

Una vez verificados sus niveles de significancia de las variables, se procede a su interpretación:

- Si el rendimiento de la producción de maíz aumenta en 1%, la producción de maíz en el departamento de Santa Cruz aumenta en 0.782335%

Tabla 8. Resultados de la prueba de raíz unitaria a los residuos del modelo 2

Null Hypothesis: RESID01 has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.812468	0.0004
Test critical values:		
1% level	-3.632900	
5% level	-2.948404	
10% level	-2.612874	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(RESID01)
Method: Least Squares
Date: 06/05/20 Time: 22:44
Sample (adjusted): 1985 2019
Included observations: 35 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RESID01(-1)	-0.662814	0.137728	-4.812468	0.0000
C	-0.020252	0.030617	-0.661485	0.5129
R-squared	0.412392	Mean dependent var		-0.022377
Adjusted R-squared	0.394585	S.D. dependent var		0.232766
S.E. of regression	0.181111	Akaike info criterion		-0.523966
Sum squared resid	1.082442	Schwarz criterion		-0.435089
Log likelihood	11.16940	Hannan-Quinn criter.		-0.493285
F-statistic	23.15985	Durbin-Watson stat		1.694834
Prob(F-statistic)	0.000032			

Prueba de heterocedasticidad

Para determinar la heterocedasticidad del modelo, se empleó la prueba de heterocedasticidad de White, donde la prueba consiste en elaborar un modelo auxiliar para comparar la probabilidad

del coeficiente de determinación con los niveles de significación (0.01, 0.05, 0.10). Se dice que el modelo es homocedástico cuando la probabilidad es mayor a los niveles de significación.

Tabla 9. Resultado de la prueba de Heterocedasticidad del modelo 2

Heteroskedasticity Test: White				
F-statistic	1.952231	Prob. F(10,25)		0.0850
Obs*R-squared	15.78542	Prob. Chi-Square(10)		0.1059
Scaled explained SS	17.07543	Prob. Chi-Square(10)		0.0727
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 06/05/20 Time: 22:43 Sample: 1984 2019				
Included observations: 36				
Collinear test regressors dropped from specification				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.763450	11.92150	0.231804	0.8186
LOG(RENDIMIENTO)^2	0.091934	0.228188	0.402887	0.6905
LOG(RENDIMIENTO)* LOG(PRECIO_MAIZ_INT)	0.432431	0.249098	1.735989	0.0949
LOG(RENDIMIENTO)* LOG(PRODUCCION_SORGO)	0.089453	0.093655	0.955133	0.3487
LOG(RENDIMIENTO)*D09	-0.012323	0.057313	-0.215020	0.8315
LOG(RENDIMIENTO)	-3.726748	2.170903	-1.716681	0.0984
LOG(PRECIO_MAIZ_INT)^2	0.011353	0.139543	0.081357	0.9358
LOG(PRECIO_MAIZ_INT)* LOG(PRODUCCION_SORGO)	-0.061840	0.091185	-0.678184	0.5039
LOG(PRECIO_MAIZ_INT)	0.121860	2.533506	0.048099	0.9620
LOG(PRODUCCION_SORGO)^2	0.014881	0.017010	0.874845	0.3900
LOG(PRODUCCION_SORGO)	-0.135593	0.814464	-0.166481	0.8691
R-squared	0.438484	Mean dependent var		0.048393
Adjusted R-squared	0.213877	S.D. dependent var		0.083833
S.E. of regression	0.074329	Akaike info criterion		-2.114166
Sum squared resid	0.138120	Schwarz criterion		-1.630313
Log likelihood	49.05499	Hannan-Quinn criter.		-1.945288
F-statistic	1.952231	Durbin-Watson stat		1.916748
Prob(F-statistic)	0.085040			

De acuerdo con la tabla 5.9, dados estos valores:

$0.0850 > 0.05$

$0.1059 > 0.05$

$0.0727 > 0.05$

Se puede afirmar que el modelo es homocedástico.

Prueba de autocorrelación

Con los datos de la tabla 7, se puede observar que el DW tiene un valor de 1.067443. Siguiendo lo que dice la regla, se puede sospechar que el modelo no es autorregresivo. Ya que su valor está cercano al 2.

Breusch-Godfrey, donde si el valor de la probabilidad del estadístico F es mayor a la probabilidad de significación del 0.01. En la tabla 10 se puede confirmar que el modelo no es autorregresivo, ya que el estadístico F tiene un valor de 0.0457.

Otra prueba para saber si el modelo tiene autocorrelación o no es la prueba de

Tabla 10. Resultado de la prueba de autocorrelación de Breusch-Godfrey del modelo 2

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:				
F-statistic	4.347279	Prob. F(1,30)		0.0457
Obs*R-squared	4.556461	Prob. Chi-Square(1)		0.0328
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID				
Method: Least Squares				
Date: 06/05/20 Time: 22:43				
Sample: 1984 2019				
Included observations: 36				
Presample missing value lagged residuals set to zero.				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.241266	1.131862	0.213158	0.8326
LOG(RENDIMIENTO)	-0.099695	0.175147	-0.569211	0.5735
LOG(PRECIO_MAIZ_INT)	-0.012539	0.134108	-0.093500	0.9261
LOG(PRODUCCION_SORGO)	-0.005463	0.043035	-0.126938	0.8998
D09	-0.029632	0.235700	-0.125719	0.9008
RESID(-1)	0.379578	0.182051	2.085013	0.0457
R-squared	0.126568	Mean dependent var		-1.26E-15
Adjusted R-squared	-0.019004	S.D. dependent var		0.223104
S.E. of regression	0.225214	Akaike info criterion		0.007483
Sum squared resid	1.521644	Schwarz criterion		0.271403
Log likelihood	5.865309	Hannan-Quinn criter.		0.099598
F-statistic	0.869456	Durbin-Watson stat		1.617532
Prob(F-statistic)	0.513080			

Mecanismo de corrección de errores

En el modelo 2 también se usa el MCE y las condiciones para que el MCE tome relevancia es que el resid01 (-1) tiene que ser significativo al 5% y el coeficiente de este tiene que ser negativo. Este mecanismo indica a qué velocidad se ajustan los residuos rezagados en este caso un año.

Tabla 11. Mecanismo de corrección de errores (MCE) del modelo 2

Dependent Variable: D(LOG(PRODUCCION))
 Method: Least Squares
 Date: 06/05/20 Time: 23:31
 Sample (adjusted): 1985 2019
 Included observations: 35 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.012052	0.037392	-0.322310	0.7495
D(LOG(RENDIMIENTO))	0.600899	0.130424	4.607276	0.0001
D(LOG(PRECIO_MAIZ_INT))	-0.042010	0.193872	-0.216688	0.8300
D(LOG(PRODUCCION_SORGO))	0.326485	0.107109	3.048154	0.0049
D09	0.348987	0.220165	1.585117	0.1238
RESID01(-1)	-0.435301	0.187021	-2.327551	0.0271
R-squared	0.587814	Mean dependent var		0.035230
Adjusted R-squared	0.516747	S.D. dependent var		0.294736
S.E. of regression	0.204890	Akaike info criterion		-0.177885
Sum squared resid	1.217414	Schwarz criterion		0.088746
Log likelihood	9.112992	Hannan-Quinn criter.		-0.085844
F-statistic	8.271307	Durbin-Watson stat		1.586851
Prob(F-statistic)	0.000059			

Interpretación

El resid01(-1) es significativo al 5% y su coeficiente es negativo. Esto quiere decir que, se corrigen en un 0,435301 los errores de un año anterior cada año.

Conclusión

Luego de recabar información sobre la producción de maíz en el departamento de Santa Cruz, haciendo un análisis cualitativo del sistema de producción del maíz y del grupo maicero en su totalidad, es importante mencionar los aspectos fundamentales y relevantes. Así como también dar una conclusión al análisis cuantitativo que se realizó a través de los modelos econométricos.

El primer aspecto a mencionar es la importancia que tiene el maíz en la seguridad alimentaria. Este grano, como se lo mencionó antes, tiene mucho valor nutricional para los humanos y para los animales, ya que es una buena fuente de vitaminas, minerales, fibra y proteína. En

Bolivia, el maíz tiene aproximadamente 77 variedades. Sin embargo, las que se cultivan para la producción a gran escala para comercializar es el maíz amarillo duro y algunos híbridos, pero a menor escala. Esta variedad de maíz sirve para el alimento, especialmente para la avicultura, pero también para el ganado bovino y porcino.

El segundo aspecto es la oferta y la demanda de maíz en el departamento de Santa Cruz. Por el lado de la oferta tenemos a los productores de maíz que se los puede dividir en tres grandes grupos: pequeños, medianos y grandes productores. Esta clasificación se hace en base al hectareaje cultivado por cada productor. Cada grupo tiene diferentes modalidades de producción, ya que cuando hablamos de pequeños productores sus formas de cultivos son casi rudimentarias. Posteriormente los productores medianos y grandes ya tienen un sistema de producción más

sofisticado como ser los sistemas de riego y las semillas certificadas. Asimismo, los productores tienen el respaldo de asociaciones como ser ANAPO y PROMASOR que asesoran a estos, así como también otras entidades públicas y privadas que hacen parte del grupo maicero en el departamento de Santa Cruz que apoyan a estos productores.

Por otra parte, la demanda de maíz está basada en gran parte por la avicultura, la ganadería y la porcicultura. Estos son los tres grupos que se llevan el mayor porcentaje de consumo del grano, donde las tres actividades tienen asociaciones que velan para que el maíz que compran para el consumo animal sea de buena calidad, a un buen precio y sigan las normas de las entidades que regulan el rubro. Las más importantes son ADA, FEDEPLE y ADEPOR. En los últimos años, el maíz en Bolivia no se exporta en cantidades significativas ya que, si bien la producción es a gran escala, sólo alcanza para consumo interno, es por ello que el Gobierno aprobaba decretos en los que se prohibía la exportación de maíz.

Por último, tomando en cuenta los factores anuales de rendimiento del cultivo, superficie cultivada, precio internacional del grano y la producción de sorgo en el departamento de Santa Cruz, se realizó un estudio econométrico por el cual se buscaba que las variables dependientes sean significativas para la variable independiente, en este caso la producción de maíz.

En los dos modelos econométricos la variable influyente es el rendimiento del cultivo, esto quiere decir que la producción de maíz según los estudios econométricos está sujeta al cambio de esta variable. Por un lado, el modelo 1 muestra que la superficie cultivada y la variable dummy son significativas, esto quiere decir que en la estructura de este modelo la variación de estas variables también son determinantes para la producción de maíz en el departamento

de Santa Cruz. El modelo 2 muestra que un cambio en la producción de sorgo en el departamento afectaría la producción de maíz. Los dos modelos son cointegrados, no sufren de autocorrelación y son homocedásticos. Esto quiere decir que los dos modelos econométricos se ajustan con las variables elegidas y se podrían tomar como referencia para predecir el comportamiento de la variable explicada, en este caso la producción de maíz en el departamento de Santa Cruz.

Referencias bibliográficas

- Amador, A., & Carlos, B. (2000). Nutrición animal tropical. En A. Amador, & B. Carlos, *FENOLOGÍA PRODUCTIVA Y NUTRICIONAL DE MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE* (págs. 171-177).
- Asociación de Avicultores de Santa Cruz.* (2020).
Obtenido de <http://www.adasz.com.bo/>
- Asociación Departamental de Porcicultores de Santa Cruz.* (2020).
Obtenido de <http://www.adepor.com.bo/adepor/quienes-somos>
- El Día.* (28 de 04 de 2018).
Obtenido de <https://eldia.com.do/beneficios-y-propiedades-del-maiz-para-la-salud/>
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría* (5ta Edición ed.). México D.F: McGraw-Hill.
- Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.* (2012).
Obtenido de <https://www.ruralytierra.s.gob.bo/compendio2012/files/assets/downloads/publication.pdf>