

INCIDENCIA DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS EN LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS DE CEREALES EN LA PROVINCIA DEL ALTO MAGDALENA PARA EL PERIODO DE 1992-2013

Maira Alexandra Rodríguez Tovar¹

RESUMEN

Actualmente, el cambio climático es un fenómeno que ha cobrado mayor importancia porque afecta, notablemente, al sector agrícola y la seguridad alimentaria; lo que obliga a medir y cuantificar su impacto para la toma de decisiones. Así, el objetivo de esta investigación consiste en evaluar la incidencia de las variables climáticas (temperatura y precipitaciones) como razón del cambio climático, en los rendimientos de los cultivos de cereales en la provincia del Alto Magdalena.

INTRODUCCIÓN

La producción en el sector agrícola depende de factores socio-económicos y factores naturales, como el clima, este tiene un impacto en los rendimientos de los cultivos y la ausencia de estrategias para adaptación hace a las regiones vulnerables, dado que no cuentan con la información suficiente, -que podría suministrarse con un sistema de alertas tempranas-, generando una incertidumbre para la toma de decisiones en escenarios climáticos extremos aumentando el riesgo de pérdidas en la producción y por ende en los beneficios económicos de los agricultores.

Es así que la provincia del Alto Magdalena ubicada en el departamento de Cundinamarca, se puede ver afectada por la presencia de fenómenos climáticos extremos razón del planteamiento de esta investigación; la producción agrícola en la provincia se concentra en la siembra de: cereales² que

¹ Economista, Magister en Ciencias Económicas. Docente UNIMINUTO - Centro Regional Girardot. Semillero de Investigación CEO-Contadores. Programa de Contaduría Pública maira.rodriguez@uniminuto.edu Cel: 3214978549

² Se caracterizan porque la semilla y el fruto son lo mismo, e históricamente son alimentos que hacen parte . de la dieta humana y animal

representan el 44%, frutales 31%, otros permanentes 310%, tubérculos y plátanos 6%, hortalizas 5%, fibras 2%, y plantas aromáticas, condimentarias y medicinales 1%; resulta pertinente indagar el comportamiento de los cereales dado que, son los cultivos más representativos para la provincia y su siembra se hace de manera semestral convirtiéndolo en cultivos transitorios y que manejan estacionalidad por lo que se verían gravemente afectados por la presencia de fenómenos climáticos extremos.

En este contexto es importante hacer una descripción de la composición del grupo de los cereales, en la provincia; su siembra se concentra en los cultivos de sorgo con 41%, maíz 29%, arroz riego con 22%⁴; este tipo de cultivos tiene un sistema de siembra tradicional, lo que los hace vulnerables ante los cambios de las variables climáticas; adicional a esto, los cereales como el maíz y el arroz, son alimentos básicos de la canasta familiar, según estimaciones realizadas por FENALCE, el 80% de la producción nacional en el cultivo de maíz es destinado para el consumo humano y el 20% restante es utilizado por la industria de concentrados, siendo este cultivo importante para la alimentación de los colombianos y a nivel de provincia. Al igual que el maíz el cultivo de arroz es un producto tradicional e indispensable en la dieta alimentaria del colombiano y del provinciano del Alto Magdalena, gracias a su aporte en carbohidratos y su precio asequible; “de acuerdo con cifras suministradas por la Cámara del Arroz de la Asociación Nacional de Empresarios Andi, el consumo per cápita del cereal en Colombia asciende a 41 kilos por persona anualmente”; (Revista Dinero, 2015), bajo este contexto, nace la importancia de realizar la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo se ven afectados los rendimientos agrícolas de los cultivos de cereales en la provincia del Alto Magdalena frente a las variables climáticas de temperatura y precipitaciones y cuáles serían las estrategias de adaptación al cambio climático?, teniendo en cuenta, que los cereales son: el arroz y el maíz y el sorgo, siendo estos alimentos que se encuentran presentes en la canasta familiar de manera directa e indirecta; como es el caso del sorgo ya que este cultivo es el suministro de para la elaboración de concentrados de consumo animal.

Si bien a nivel nacional existe un gran avance en investigaciones en la que se demuestran la relación entre el cambio climático, producción y los rendimientos agrícolas, estas investigaciones tienen un marco geográfico amplio dando una connotación general; por lo que se hace necesario realizar investigaciones que incluyan las particularidades de cada región, considerando que en la medida en que se logre establecer la relación que existe entre los fenómenos naturales y los hechos económicos de una determinada región, es posible que los agricultores, los policy makers, las autoridades, los empresarios y en general los habitantes de esa región adopten medidas oportunas para la mitigación de estos impactos.

Por tal razón se hace necesario realizar un análisis de la incidencia de las variables climáticas temperatura y precipitaciones sobre la producción agrícola de los cultivos que son de carácter transitorios como los cereales, este tipo de cultivos se siembran de manera semestral lo que los hace más susceptibles ante factores externos como el clima, porque su ciclo vegetativo es más corto, el horizonte temporal de 1992-2013 se convierte en un periodo importante para la provincia, dado el contexto nacional que se vive a principios de la década de los 90' como la apertura comercial en la que se inició un proceso de desregulación arancelaria, permitiendo a la industria realizar

³ Este grupo de cultivo acoge a: Cacao, Café y Caña para la provincia del Alto Magdalena.

⁴ Estos porcentajes corresponde al periodo de análisis 1992-2013

importaciones de materias primas como el maíz, algodón, sorgo, entre otros; provocando que el sector agrícola entrara en una reconversión, pues a principio de esa década este era considerado “un sector dinamizador de la economía regional, generador de riquezas y sustento diario de familias” (Cardenas, Gil, & Mejia, 2009), haciendo que las actividades agrícolas quedaran rezagadas por la baja competitividad de los agricultores de la provincia. Otro aspecto importante para tener en cuenta, es que durante éste periodo de tiempo se vivieron los periodos de niño más fuerte que fueron en 1992 y 1997-1998, aunque se evidenciaron periodos de niños moderados para los años 2002 y 2005. Adicional a esto, no existen en la región estudios que evidencien la magnitud de la incidencia de las variables climáticas sobre los rendimientos de la producción de los cultivos de cereales.

DESARROLLO

Resulta indispensable iniciar con el análisis de la producción de los cultivos de cereales en la provincia del Alto Magdalena, considerando la teoría de producción y la función de producción, esta investigación pretende analizar en una primera parte los efectos de las variables climáticas sobre la producción agrícola de los cultivos transitorios sorgo, maíz, arroz en la provincia de Alto Magdalena, a partir de índices de producción, Se plantea la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} Q_{Sorgo} &= \beta_0 + \beta_2 T + \beta_3 P + \beta_4 A + e \\ Q_{Maiz} &= \beta_0 + \beta_2 T + \beta_3 P + \beta_4 A + e \\ Q_{Arroz} &= \beta_0 + \beta_2 T + \beta_3 P + \beta_4 A + \beta_5 L + e \\ Q_{Algodón} &= \beta_0 + \beta_2 T + \beta_3 P + \beta_4 A + e \end{aligned}$$

Donde:

T: Promedio Temperatura

P: Promedio Precipitaciones

A: área Sembrada

Como el productor se enfrenta a escenarios de incertidumbre en el momento de la toma de decisiones para cultivar, las variables climáticas se convierten en un factor importante para la maximización de sus beneficios; por lo tanto, toma relevancia, la identificación del comportamiento de las variables y las causas asociadas a la fluctuación del clima en las últimas décadas para de esta manera, reunir las variables económicas y variables climáticas.

Con los datos suministrados por el sistema de información estadístico del Ministerio de Agricultura (Agronet) y secretaria de agricultura Gobernación de Cundinamarca, se realiza la validación de los modelos utilizando el programa estadístico STATA 12[®], el cual permitirá realizar las diferentes estimaciones. Las pruebas econométricas y los análisis de regresión seguirán la metodología de datos de panel, para el periodo de 1992-2013.

RESULTADOS ENCONTRADOS

Cultivo de Sorgo

La función de producción debido a la ley de rendimientos decrecientes es una función no lineal, frente a las variables climáticas ya que llega a un punto máximo, en el cual empieza a decaer y siguiendo la forma de la parábola.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 P^2 + \beta_2 L$$

```
FE (within) regression with AR(1) disturbances   Number of obs   =   80
Group variable: ID                             Number of groups =    4

R-sq:                                           Obs per group:
  within = 0.9884                               min =          20
  between = 0.9947                              avg =         20.0
  overall = 0.9902                              max =          20

corr(u_i, Xb) = -0.4520                        F(2,74)         =   31.69
                                                Prob > F        =   0.0000
```

LnProd	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
LnAreaCosechad	1.151797	.0147347	78.17	0.000	1.122437	1.181156
Ln_Precipitación	-.0640579	.0207645	-3.08	0.003	-.1054321	-.0226836
_cons	.0001094	.0562852	0.00	0.998	-.1120414	.1122601
rho_ar	.25220771					
sigma_u	.21770939					
sigma_e	.24854267					
rho_fov	.43415786	(fraction of variance because of u_i)				

F test that all u_i=0: F(3,74) = 7.67 Prob > F = 0.0002

Fuente: Autora.

Para linealizar las variables se aplicó modelo Log- Log y los resultados obtenidos en el cultivo de Sorgo para la provincia del alto Magdalena, fueron los siguientes ver tabla

Para este cultivo se cuenta con 4 municipios que son, Agua de Dios, Girardot, Nariño y Ricaurte, pues estos municipios son los que cuentan con la vocación para la siembra del cultivo del sorgo, razón por la cual se cuenta con 80 observaciones y cuatro grupos de corte transversal, la bondad del modelo está explicada en un 98, 84%. Existe una significancia conjunta entre los regresores del modelo. Y finalmente los efectos fijos son significativos, lo que demuestra los efectos individuales de cada municipio frente a las variables independientes.

Estos resultados permiten comprobar la incidencia de la variable dependiente respecto a las variables independientes de área cosechada y variable precipitación. En el análisis econométrico obtenido, se realizó un estudio de residuales verificando la validez de los supuestos del modelo incluido el análisis de independencia, normalidad y homogeneidad de la varianza. Al examinar el gráfico entre los valores observados y los predichos por el modelo indicó un mal ajuste de los datos, por esta razón las variables fueron previamente transformadas, usando logaritmo natural, para reducir la varianza y homogenizarlos hallando el siguiente modelo:

$$R^2 = 98,84\%.$$

$$\ln Y_{it} = \beta_1 \ln P^2 + \beta_2 \ln A$$

$$\ln Y_{it} = -0.064 P^2 + 1.15 A$$

Esta ecuación permitió, encontrar el grado de incidencia de la variable climática precipitaciones respecto a la producción del cultivo de sorgo en la provincia del Alto Magdalena.

Las variables independientes presentan el siguiente comportamiento frente a la variable dependiente; por cada 1% que varía las precipitaciones la producción del cultivo de sorgo decae 6.4%, eso demuestra que la producción del cultivo de sorgo es elástica frente a los de la precipitación.

Este resultado comprueba la hipótesis descrita anteriormente, la producción del sorgo tiene una relación directa con la variable climática precipitaciones, contrayendo la producción y por ende los rendimientos del cultivo, afectando los ingresos de los agricultores generando una externalidad negativa en la provincia.

Para ver los resultados del estimador estático más adecuado para el modelo en este caso efectos fijos, se empleó el test de Hausman en el que se compararon los estimadores β de efectos aleatorios y efectos fijos.

Cultivo de Maíz Amarillo Tradicional

Siguiendo la metodología de trabajo se obtuvieron los siguientes resultados para el cultivo de maíz amarillo tradicional.

Fixed-effects (within) regression	Number of obs	=	147
Group variable: ID	Number of groups	=	7
R-sq:	Obs per group:		
within = 0.4263	min =		21
between = 0.7253	avg =		21.0
overall = 0.5745	max =		21
corr(u_i, Xb) = 0.2424	F(2,138)	=	51.28
	Prob > F	=	0.0000

Producción	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
LnAreCosechada	277.604	30.27938	9.17	0.000	217.7324 337.4755
LnPrecipitación	58.99997	15.69098	-3.76	0.000	-90.02579 -27.97415
_cons	-216.1908	103.6986	-2.08	0.039	-421.2344 -11.1473

sigma_u	331.74034	
sigma_e	412.57036	
rho	.39266865	(fraction of variance due to u_i)

F test that all u_i=0:	F(6, 138) = 12.14	Prob > F = 0.0000
------------------------	-------------------	-------------------

Fuente: Autora.

Las variables explicativas del modelo tienen una mayor incidencia, al aumentar en una hectárea el área cosechada, la producción del cultivo de maíz amarillo aumenta en 277.604 hectáreas, la variable climática de precipitación presenta ser significativa para la producción de este cultivo, siguiendo con el análisis este cultivo tiene presencia en los siete municipios agricultores, Agua de Dios, Girardot, Guataqui, Jerusalén, Nariño, Ricaurte y Tocaima, razón por la cual el panel de datos tiene siete grupos, el modelo es significativo, el panel se encuentra balanceado, y los efectos fijos son estadísticamente significativos.

La poca incorporación de tecnología e innovación en los sistemas de producción conjugaron un escenario vulnerable para los agricultores de los cultivos de cereales en la provincia; evidenciándose el efecto que tienen las variables climáticas en la producción agrícola en la región del Alto Magdalena.

La producción del cultivo de maíz es elástico frente a la variable climática precipitaciones al variar en un 1%, la producción de este cultivo varía en 58,9% los demás cultivos de cereales también se ven afectados en una menor medida, sorgo 6,4%, arroz riego 11,96 % y algodón con 4,2%

El sector agrícola juega un papel importante como proveedor de alimentos y generador de materias primas para el sector industrial, siendo este estratégico para avanzar en el crecimiento económico, lo que nos lleva a pensar que lo cultivos de cereales producidos en el Alto Magdalena tiene un fuerte potencial como proveedor de materias primas para la elaboración de biocombustibles con el fin de satisfacer la demanda energética que se está viviendo actualmente, bien sea con la utilización de subproducto como la cascarilla de arroz o con la producción o con la comercialización de cultivo directamente.

En el desarrollo de este trabajo, se detectó ausencia de información, para la estimación del modelo; pues los datos de producción, área cosechada, área sembrada y rendimiento de los cultivos de cereales, son suministrados por el Sistema de Información Agronet, pero este no dispone del histórico del periodo de 1992-2006, lo que se tradujo en el levantamiento de información, en fuentes secundarias para este histórico.

Bibliografía

- Adams, R. M., Chen , C.-C., & McCarl Bruce, R. F. (Diciembre de 1999). The economic consequences of ENOS events for agriculture. *Climate Reseaech*, 13, 165-172.
- Albarrán Pérez, P. (2010). Universidad de Alicante. Recuperado el 15 de noviembre de 2014, de Repositorio Institucional: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/15809/6/Tema6p.pdf>
- Alfonso, O., & Alonso, C. (2012). Estudio sobre los efectos de la variabilidad climática sobre la dimensión de la disponibilidad de alimentos en la seguridad alimentaria en colombia e iniciativas de política. Recuperado el enero de 2016, de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/Resumen%20Ejecutivo%20Final%20Pag%20indiv.pdf>
- Arellano, M. (1990). La econometría de datos de panel. *Investigaciones Económicas (Segunda época)*, XIV(1), 3-45.
- Arellano, M. (1992). Introducción al análisis econométrico con datos panel. Banco de España. Recuperado el 16 de noviembre de 2014, de http://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesSeriadas/DocumentosTrabajo/92/Fich/dt_9222.pdf
- Bonilla, A., Rosales, R., & Maldonado, J. (Septiembre de 2003). El valor económico de la predicción del fenómeno, El Niño del Sur (ENOS) en el sector azucareo colombiano. *Desarrollo y Sociedad*, 1-32.

- Brescia, V., Lema, D., & Parellada, G. (Septiembre de 1998). El fenómeno ENSO y la agricultura pampena: Impactos económicos en trigo, maíz, girasol y soja. Argentina.
- Conde, C., Ferrer, R. M., Araujo, R., Gay, C., Magaña, V., Pérez, J., . . . Orozco, S. (2004). Los impactos de el Niño en México. En V. MAGAÑA RUEDA (Ed.), El Niño y la agricultura (págs. 103-136). México.
- Drukker, D. M. (24-25 de julio de 2008). Stata Data Analysis and Statistical Software. Recuperado el 16 de noviembre de 2014, de Stata Conference and Users Group meetings: http://www.stata.com/meeting/snasug08/drukker_xtdpd.pdf
- Field, B. C., & Azqueta, D. (1996). Economía & Medio Ambiente. Bogotá: McGraw-Hill.
- FINAGRO. (N.F). Documentos Arroz. Obtenido de FINAgro Web Site: <https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/info.../arroz.docx>
- Gobernación de Cundinamarca. (2006). Estadísticas Agropecuarias Volumen 20. Bogotá.
- Gobernación de Cundinamarca. (23 de 07 de 2015). Gobernación de Cundinamarca . Obtenido de Oficina Asesora de Planificación URPA: http://www.cundinamarca.gov.co/wps/portal/Home/SecretariasEntidades.gc/Secretariad eagricultura/Secagriculturadespliegue/asplanificacionurpa_contenidos/csecreagri_planificacionurpa
- Gonzalez, J., & Velasco, R. (2007). Evaluación del Impacto del Cambio Climático sobre el Valor Económico del Suelo en los Sistemas Agrícolas de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 1-3.
- Jury, M. R. (2002). Economic Impacts of Climate Variability in South Africa and Development of. *Journal of Applied Meteorology*, 41, 46-51.
- Labra, R., & Torrecilla, C. (2014). Guía CERO para datos de panel. Un enfoque práctico. UAM-Accenture Working Papers. Cátedra UAM-Accenture en Economía y Gestión de la Innovación. Obtenido de https://www.uam.es/docencia/degin/catedra/documentos/16_Guia%20CERO%20para%20datos%20de%20panel_Un%20enfoque%20practico.pdf
- Mahía, R. (Marzo de 2000). Introducción a la especificación y estimación de modelos con datos de panel. España: Universidad Autónoma de Madrid. Obtenido de http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/fphernan/EconometriaTVIII.pdf
- Mayorga, M., & Muñoz, E. (Septiembre de 2000). La técnica de datos de panel una guía para su e interpretación. (D. E.-D. económicas, Ed.) Costa Rica: Banco Central de Costa Rica. Recuperado el 16 de octubre de 2014, de http://www.bccr.fi.cr/investigacioneseconomicas/metodoscuantitativos/Tecnica_datos_panel_una_guia_para_su_uso_e_interpretacion.pdf
- Méndez Arteaga, J., Duran Pinilla, L., Sandoval Aldana, A. P., Rivera, B. C., Torres Peñuela, A. M., Bernal Ruiz, M. R., & González Rubio, J. (2011). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo científico y tecnológico de la cadena productiva del arroz en el departamento del Tolima 2010-2025. (C. C. Corpoica, Ed.) Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2013). Anuario estadístico del sector agropecuario 2012. Bogotá: Dirección de Política Sectorial -Grupo de Sistemas de Información.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (s.f.). Agronet. Recuperado el 10 de julio de 2014, de Agronet-Estadística: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo. (2014). Evaluaciones Agropecuarias Municipales 2013. Bogotá, Colombia.
- Mora, J., Ramirez, D., Ordaz, J., Acosta, A., & Serna, B. (Agosto de 2010). Panamá Efectos del Cambio Climático sobre la Agricultura. Recuperado el mayo de 2015, de Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL: <http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25926/lcmexl971.pdf;jsessionid=9B1D8D392EE658FDDDB3A711E51D4ECF6?sequence=1>
- National Weather Service Climate Prediction Center. (s.f.). Recuperado el 4 de noviembre de 2014, de El Niño/ Southern Oscillation (ENSO): http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml
- Oliviera, S. (Marzo de 2013). La productividad del maíz de temporal en México: repercusiones del cambio climático. Obtenido de Comisión Económicas para América Latina y el Caribe CEPAL.
- Ortiz, R. (febrero de 2012). El cambio climático y la producción agrícola . Notas Técnicas- . Banco Interamericano de Desarrollo .
- Ramirez, D., Ordaz, J., & Mora, J. (12 de noviembre de 2009). ISTMO Centroamericano: Efectos de cambio Climático sobre la Agricultura. Obtenido de Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL: http://smye.info/gia-mexico/wp-content/uploads/2010/07/L924_Parte_1.pdf
- Redacción Vivir. (25 de abril de 2014). Fenómeno del Niño llegará en julio. El Espectador. Recuperado el 16 de noviembre de 2014, de <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/fenomeno-del-nino-llegara-julio-articulo-488793>
- Revista Dinero. (3 de marzo de 2015). Bajaré el consumo de arroz en Colombia durante 2015. Revista Dinero. Obtenido de <http://www.dinero.com/pais/articulo/precios-del-arroz-colombia/206817>
- Rojas, R. (1999). Universidad de los Andes. Recuperado el 10 de julio de 2014, de web del profesor: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/evaepic2.pdf>
- Ruiz, C. (n.f de n.f). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Obtenido de Biblioteca: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR29558.pdf>
- Ruiz Cabarcas, A. (2012). Análisis del impacto de los fenómenos El Niño y La Niña en la producción agrícola del departamento del Atlántico. Bogotá, Colombia.
- Sarabia Alegría, J., & Pascual Sáez, M. (2006). Estadística para economía y administración de empresas. Santander: Universidad de Cantabria. Recuperado el 38 de septiembre de 2014, de

http://books.google.com.co/books?id=QEp1dROP0OAC&pg=PA134&lpg=PA134&dq=coeficiente+de+correlacion+variables+binarias&source=bl&ots=UWFvd8ntTv&sig=4huT8568aTVIBN-sDDhBZ5zbzIA&hl=en&sa=X&ei=ahRqVMz_IMeYgwSF04OICg&ved=0CDoQ6AEwBA#v=onepage&q=coeficiente%20de

Sloman, J. (1997). *Introducción a la Microeconomía*. Madrid: Prentice Hall.

Stern, N. (2007). *El Informe Stern, la verdad sobre el cambio climático*. (A. Santos, & J. Vilatella, Trads.) Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica S.A.

Vargas, P. (Julio de 2009). Banco Central de la Reserva del Perú. Recuperado el Junio de 2015, de Publicaciones Documentos de Trabajo: <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2009/Documento-de-Trabajo-14-2009.pdf>