

Factores Que Afectan Al Cultivo De Caña De Azúcar Para Producción De Bioetanol En Ecuador

Mg.Sc. Cristhian Jover Castro-Armijos

MAE. Eveligh Prado-Carpio

Mg.Sc. José Roberto Paladines-Romero

Mg.Sc. Abrahan Cervantes-Álava

Docente de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

doi: 10.19044/esj.2017.v13n24p58 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n24p58](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n24p58)

Abstract

The purpose of this article is to predict the impact of variables planted area, rainfall and temperature on production. The research is focused on the analysis of agricultural statistical information from Ecuador, which was compiled from institutions such as the Surface Survey and Continuing Agricultural Production (ESPAC) and the Agricultural Information System (SINAGAP). For the statistical analysis of the information the multiple linear regression method was used using the software SPSS 21. The results obtained show that 51.86% of the variability is predicted by the variable planted area. It is important to continue producing gasoline blends with ethanol from sugarcane and diesel with biodiesel, focusing this on the production transformation framed in the National Plan for Good Living 2013-2017, thus promoting energy security, reducing emissions of Long-term greenhouse effect. The results presented predict the variables that most influence the agricultural production of sugar cane.

Keywords: Variability, ethanol, biodiesel, production

Resumen

El propósito de éste artículo es predecir el impacto de las variables área plantada, lluvia y temperatura sobre la producción. La investigación está focalizada el análisis de la información estadística agrícola del Ecuador, la misma que fue recopilada de instituciones como la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) y el Sistema de Información del Agro (SINAGAP). Para el análisis estadístico de la información se utilizó el método de regresión lineal múltiple mediante el empleo del software SPSS 21. Los resultados obtenidos muestran que el 51,86% de la variabilidad esta

predecida por la variable área plantada. Es importante que se siga produciendo las mezclas de gasolina con etanol de caña de azúcar y de diesel con biodiesel, enfocándose esto en la transformación productiva enmarcada en el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, promoviendo así la seguridad energética, disminuyendo las emisiones de efecto invernadero en un largo plazo. Los resultados expuestos predicen las variables que más influyen en la producción agrícola de caña de azúcar.

Palabras-claves: Variabilidad, etanol, biodiesel, producción

Introduction

El consumo mundial de energía sigue siendo encabezado por el petróleo, siendo este del 32,9%, de lo cual, el 58,1% es demandado por las economías emergentes (BP Statistical Review of World Energy has 2016), sin embargo, esta fuente energética emite una serie de gases de efecto invernadero, los cuales conducen al planeta al calentamiento global, es por esto que los investigadores en la actualidad se dedican a producir biocombustibles alternativos como el bioetanol, el mismo que se elabora para su uso en motores a gasolina, ayudando a reducir la emisión de gases como el óxidos de carbono e hidrocarburos no quemados (Han y Yildiz 2012).

La progresiva demanda de combustibles fósiles en el mundo ha traído como consecuencia el desarrollo de combustibles facultativos, los cuales pueden disminuir en los países la dependencia del petróleo (Sebayang et al. 2016), por medio de la utilización del almidón presente en las plantas para su transformación en bioetanol (Zeeman, Kossmann, and Smith 2010), ayudando a satisfacer la demanda de energía, así como también reducir la emisión de gases de efecto invernadero (Luque et al. 2008).

En la actualidad el bioetanol es considerablemente utilizado como opción para el transporte de combustible o aditivos a la gasolina, esto en virtud de sus atractivas propiedades como son el alto octanaje y la reducción de emisiones de escape (Yusoff et al. 2015), es por esto que los países del mundo buscan la transición a una economía de base biológica, la misma que requiere de innovaciones científicas y cambios en la industria química (Yusoff et al. 2015).

De acuerdo a las estadísticas del Ministerio Coordinador de Producción, Empleo y Competitividad (MCPEC), desde enero del año 2010 hasta agosto de 2016 se despacharon 546 millones de galones de gasolina con 5% bioetanol, 95% gasolina base, equivalente a 93 millones de dólares de ahorro neto de salida de divisas, 28 millones de ahorro en subsidios, por ende se dejaron de emitir 233 millones de toneladas métricas de CO² al ambiente; para la producción de esta variedad de gasolina fue necesaria la

compra de 2,7 millones de litros de alcohol artesanal comprados a 9 asociaciones y 91 millones de litros de bioetanol a las empresas alcoholeras nacionales.

En el Ecuador, factores como el octanaje del combustible, la altura del lugar, las revoluciones por minuto (rpm), así como la relación octanaje-altura inciden significativamente en la emisión de gases como el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e hidrocarburos (Tipanluisa et al. 2017).

Por las razones expuestas se plantea como objetivo predecir la producción de caña de azúcar para la elaboración de bioetanol mediante regresión lineal múltiple de tres variables que afectan a la producción.

Texto principal

Cultivos y residuos agrícolas para producción de bioetanol

El bioetanol se produce por medio de la fermentación de azúcar derivada de las plantas, el mismo que es un combustible oxigenado que contiene 35% de oxígeno, lo cual podría reducir las partículas y emisiones de Monóxido de nitrógeno (NO) que son causadas por la combustión del combustible, razón por la cual, la mezcla de bioetanol-gasolina puede reducir de forma significativa la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (Sebayang et al. 2016). El proceso de síntesis del bioetanol se realiza en cuatro etapas: Pretratamiento ácido, deslignificación alcalina, hidrólisis enzimática y fermentación (Ranjan et al. 2016).

El bioetanol de segunda generación producido en base a las fracciones lignocelulósicas de caña de azúcar, es decir bagazo y hojas, cuenta con un mercado prometedor como combustible para vehículos a motor (Macrelli, Mogensen, and Zacchi 2012).

La biomasa producida por los cultivos y sus residuos es renovable para la producción de energía (Panklib, Thaicham, and Khummongkol 2016), es así que, uno de los productos que se utiliza cada día más como combustible renovable es el etanol, el mismo que es posible producirlo a base de cultivos como la caña de azúcar, el maíz, el trigo, la uva y la remolacha (Neves et al. 2015).

Productividad de la caña de azúcar y factores climáticos

Estudios en diferentes países del mundo han examinado el impacto de la variabilidad climática sobre la productividad agrícola, es así que, la imprevisibilidad del clima se ha vuelto una limitación para algunos cultivos como son los de secano (Adebisi-Adelani and Oyesola 2014), tal es el caso de la caña de azúcar, cultivo que, según estudios realizados en Sudáfrica mostraron que el cambio del clima tiene efectos no lineales significativos en los ingresos por hectárea.

Al igual que muchos cultivos, la caña de azúcar se ve influenciada por las condiciones climáticas que se presenten durante el año agrícola (Silva et al. 2014), es así que, en estudios realizados bajo condiciones de temperatura variables entre 16,6 a 35,9° C, 1806 y 1632 mm de precipitación pluvial, exceso hídrico medio de 689 mm, déficit hídrico 665 mm, variables con las cuales la productividad media fue de 86,8 y 75,2 toneladas por hectárea, la temperatura del aire no fue una limitante para el crecimiento de la planta; las variedades con mayor productividad fueron RB93509, la RB92579 y la RB863129 (Teodoro et al. 2014).

Las características climáticas pueden ser un factor de influencia en el cultivo de la caña de azúcar, viéndose disminuidas su capacidad para responder a la sequía y el estrés hídrico, repercutiendo desfavorablemente en su calidad agroindustrial, provocando además alteraciones en decisiones de siembra y uso de factores productivos e insumos, mermando la rentabilidad del sector. Los resultados obtenidos en el estudio determinaron que este cultivo requiere al menos 1.364,23 mm de agua sea esta como lluvia o riego por ciclo fenológico anual, las cuales le permiten cubrir sus necesidades hídricas (Aguilar, Algara, and Olvera 2015).

Uno de los factores limitantes para el cultivo de la caña de azúcar puede ser las características del suelo, es así que, los resultados obtenidos demuestran que bajo condiciones de cultivo continuo, la disminución de la materia orgánica confirma su dependencia con el rendimiento, así como también la susceptibilidad de los suelos a la influencia ambiental (Aguilar, Algara, and Olvera 2015).

Modelo de regresión lineal

El uso de la regresión lineal múltiple permite al investigador predecir alguna respuesta en función de más de una variable independiente de forma simultánea, permitiéndole explicar de mejor manera la variación y consecuentemente hacer predicciones más precisas (Mendehall, Beaver, and Beaver 2010).

Modelo y suposiciones lineales generales

$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k + \epsilon$ (Mendehall, Beaver, and Beaver 2010).

β_0 , β_1 y β_2 son parámetros utilizados a los que se denomina coeficientes de regresión y ϵ es un error estadístico, el mismo que normalmente se encuentra distribuido con una media cero y una varianza constante (Mendehall, Beaver, and Beaver 2010).

Variables independientes y dependientes

Los datos que se detallan en la tabla 1 están divididos en dos grupos, variables independientes y variables dependientes, las mismas que fueron incluidas en el parámetro de entrada al modelo. Para predecir la producción se utilizó el área plantada, caída anual de lluvia y la temperatura media para parámetros dependientes.

Los factores utilizados en la investigación fueron seleccionados cuidadosamente a fin de predecir la producción agrícola. Los valores correspondientes a las variables independientes y dependientes de 2011 a 2016 se obtuvieron de los diferentes sectores en el Ecuador, tales como a Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) y el Sistema de Información del Agro (SINAGAP).

Tabla 1. Variables independientes y dependientes

Año	Producción/Tm	Área plantada	Lluvias	Temperatura
2011	8131.82	57657	448,1	23,2
2012	7378.92	63883	938,4	25,8
2013	7158.26	64094	365,6	25,24
2014	8251.31	33711	470,4	26,19
2015	10106.11	39953	773.6	26,81
2016	8661.61	42513	836,2	24,98

La tabla 1 muestra las variables independientes obtenidas de las diferentes fuentes estadísticas del Ecuador, así como también la variable dependiente producción de caña de azúcar en toneladas métricas

Modelo de regresión

El modelo lineal propuesto es:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \epsilon$$

Donde y = producción caña, x_1 = área plantada, x_2 = precipitación anual y x_3 = temperatura media. Con la producción agrícola registrada por 6 años entre 2011 y 2016 en la tabla 1.

Tabla 2. Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Durbin-Watson
1	,720 ^a	,519	,398	819,06174	
2	,764 ^b	,583	,305	880,20395	
3	,764 ^c	,584	-,040	1076,58683	3,068

a. Variables predictoras: (Constante), Área plantada

b. Variables predictoras: (Constante), Área plantada, Precipitaciones medias

- c. Variables predictoras: (Constante), Área plantada, Precipitaciones medias, Temperatura media
- d. Variable dependiente: Producción de caña de azúcar

Resultados

Existe una correlación significativa en relación con la cantidad de hectáreas cultivadas de caña de azúcar, R^2 indica que el 51.86% de la variabilidad de la producción esta aplicada por la variable área plantada.

Conclusión

Si bien es cierto la mejora de la economía por medio de la actividad industrial va en aumento, también resulta cierto que hay una mayor demanda de energía en los distintos sectores productivos, razón por la cual, en un futuro próximo el país podría enfrentar los riesgos de una posible escases de combustibles, esto como consecuencia principalmente de la alta dependencia de una sola variedad de combustible, lo cual podría verse reflejado en el desempeño competitivo de las empresas. Ecuador es un país agrícola, con elevado potencial para los productos del sector primario, los cuales podrían ayudar a fortalecer la seguridad energética.

Desde el año 2010 el Ecuador viene impulsando el proyecto de la mezcla de gasolina con etanol de caña de azúcar y de diesel con biodiesel, lo cual se enfoca en la búsqueda de la transformación productiva enmarcada en el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, en mención al objetivo, promoviendo así la seguridad energética del país mediante la reducción de las importaciones de energía, además de ayudar a disminuir las emisiones de efecto invernadero en un largo plazo. Los resultados expuestos predicen las variables que más influyen en la producción agrícola de caña de azúcar.

References:

1. Adebisi-Adelani, O, and O B Oyesola. 2014. "Farmers' Perceptions of the Effect of Climate Change on Tomato Production in Nigeria." *International Journal of Vegetable Science* 20 (4). Taylor & Francis: 366–73. doi:10.1080/19315260.2013.813890.
2. Aguilar, Noé, Marcos Algara, and Luis Olvera. 2015. "Gestión Del Agua Como Factor Limitante de Productividad Cañera En México." *Revista de Geografía Norte Grande* 60: 135–52. doi:10.4067/S0718-34022015000100008.
3. BP Statistical Review of World Energy has. 2016. "BP Statistical Review of World Energy June 2016." <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
4. Han, Jeong Woo, and Bilge Yildiz. 2012. "Mechanism for Enhanced Oxygen Reduction Kinetics at the $(La,Sr)CoO_{3-\delta}/(La,Sr)_{2}CoO_{4+\delta}$

- Hetero-Interface.” *Energy & Environmental Science* 5 (9): 8598. doi:10.1039/c2ee03592h.
5. Luque, Rafael, Lorenzo Herrero-Davila, Juan M. Campelo, James H. Clark, Jose M. Hidalgo, Diego Luna, Jose M. Marinas, and Antonio A. Romero. 2008. “Biofuels: A Technological Perspective.” *Energy & Environmental Science* 1 (5): 542. doi:10.1039/b807094f.
 6. Macrelli, Stefano, Johan Mogensen, and Guido Zacchi. 2012. “Techno-Economic Evaluation of 2nd Generation Bioethanol Production from Sugar Cane Bagasse and Leaves Integrated with the Sugar-Based Ethanol Process.” *Biotechnology for Biofuels* 5 (1): 22. doi:10.1186/1754-6834-5-22.
 7. Mendehall, William, Robert J. Beaver, and Barbara M. Beaver. 2010. *Introducción a La Probabilidad Y Estadística*. Edited by S.A. Cengage Learning Editores. Décima ter. México, D.F.
 8. Neves, Laura A., Gabriel F. Sarmanho, Valnei S. Cunha, Romeu J. Daroda, Donato A. G. Aranda, Marcos N. Eberlin, and Máira Fasciotti. 2015. “The Carbon Isotopic (^{13}C / ^{12}C) Signature of Sugarcane Bioethanol: Certifying the Major Source of Renewable Fuel from Brazil.” *Anal. Methods* 7 (11): 4780–85. doi:10.1039/C5AY00272A.
 9. Panklib, T., P. Thaicham, and D. Khummongkol. 2016. “Factors Affecting Agricultural Residues Used for Energy in Thailand.” *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 38 (2). Taylor & Francis: 236–42. doi:10.1080/15567036.2011.617806.
 10. Ranjan, Amrita, Shuchi Singh, Ritesh S. Malani, and Vijayanand S. Moholkar. 2016. “Ultrasound-Assisted Bioalcohol Synthesis: Review and Analysis.” *RSC Adv.* 6 (70): 65541–62. doi:10.1039/C6RA11580B.
 11. Sebayang, A. H., H. H. Masjuki, Hwai Chyuan Ong, S. Dharma, A. S. Silitonga, T. M. I. Mahlia, and H. B. Aditiya. 2016. “A Perspective on Bioethanol Production from Biomass as Alternative Fuel for Spark Ignition Engine.” *RSC Adv.* 6 (18): 14964–92. doi:10.1039/C5RA24983J.
 12. Silva, Marcelo de A., Marcel T. Arantes, Andressa F. de L. Rhein, Glauber J. C. Gava, and Oriol T. Kolln. 2014. “Potencial Produtivo Da Cana-de-Açúcar Sob Irrigação Por Gotejamento Em Função de Variedades E Ciclos.” *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental* 18 (3): 241–49. doi:10.1590/S1415-43662014000300001.
 13. Teodoro, Iedo, José Dantas, Lucas Almeida, Givaldo Dantas, José De Souza, Geraldo Veríssimo, and Guilherme Bastos. 2014. “Variáveis Meteorológicas, Balanço Hídrico, Crescimento E Produtividade

- Agroindustrial Da Cana-de-Açúcar.” *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental* 34 (6): 415-427-421. doi:<http://submission.scielo.br/index.php/eagri/article/view/65505>.
14. Tipanluisa, Luis E., Abel P. Remache, Cesar R. Ayabaca, and Salvatore W. Reina. 2017. “Emisiones Contaminantes de Un Motor de Gasolina Funcionando a Dos Cotas Con Combustibles de Dos Calidades.” *Informacion Tecnologica* 28 (1): 3–12. doi:10.4067/S0718-07642017000100002.
 15. Yusoff, M. N. A. M., N. W. M. Zulkifli, B. M. Masum, and H. H. Masjuki. 2015. “Feasibility of Bioethanol and Biobutanol as Transportation Fuel in Spark-Ignition Engine: A Review.” *RSC Adv.* 5 (121): 100184–211. doi:10.1039/C5RA12735A.
 16. Zeeman, Samuel C., Jens Kossmann, and Alison M. Smith. 2010. “Starch: Its Metabolism, Evolution, and Biotechnological Modification in Plants.” *Annual Review of Plant Biology* 61 (1): 209–34. doi:10.1146/annurev-arplant-042809-112301.