



Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

ISSN: 2007-0934

revista\_atm@yahoo.com.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Figuroa Rodríguez, Katia Angélica; García García, Ana María Teresa; Mayett Moreno, Yesica; Hernández Rosas, Francisco; Figuroa Sandoval, Benjamín

Factores que explican el rendimiento de caña de azúcar a nivel municipal en México

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 6, núm. 6, agosto-septiembre, 2015, pp. 1345-1358

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Estado de México, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263140688016>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## **Factores que explican el rendimiento de caña de azúcar a nivel municipal en México\***

### **Factors that explain the yield of sugar cane at municipal level in Mexico**

**Katia Angélica Figueroa Rodríguez<sup>1§</sup>, Ana María Teresa García García<sup>2</sup>, Yesica Mayett Moreno<sup>3</sup>, Francisco Hernández Rosas<sup>1</sup> y Benjamín Figueroa Sandoval<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba-Programa en Negocios Agroalimentarios. Carretera Federal Córdoba-Veracruz, km 348, Córdoba, México. C. P. 94946. (fhrosas@colpos.mx). <sup>2</sup>UPAEP-Posgrado en Desarrollo Económico y Sectorial Estratégico. (garcana.garcia@gmail.com). <sup>3</sup>UPAEP-Posgrado en Organizaciones y Agronegocios. (yesica.mayett@upaep.mx). <sup>4</sup>Colegio de Postgraduados-Campus San Luis Potosí. (benjamin@colpos.mx). <sup>§</sup>Autora para correspondencia: fkatia@colpos.mx.

#### **Resumen**

El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es importante en México en términos de superficie sembrada, empleos generados y productores que participan en su cultivo. Este artículo plantea que el rendimiento por hectárea a nivel municipal del cultivo de caña de azúcar, no se atribuye únicamente a factores de manejo del cultivo y ambientales, sino que requiere considerar factores que se relacionan con la competitividad territorial como son los servicios disponibles y aspectos sociales. La investigación fue de tipo descriptivo y transversal; se utilizó la información del padrón cañero generado (INEGI, 2007) de los 667 municipios que reportaron producción de caña en el país sólo en 267 se pudo construir un índice de servicios necesario para corroborar la hipótesis, en total se construyeron cuatro índices con 18 indicadores. Para el análisis de datos, se usó el análisis de componentes principales y se generó un modelo de regresión múltiple. Los resultados permitieron corroborar la hipótesis que el rendimiento por hectárea a nivel municipal de este cultivo, se atribuye principalmente al manejo del mismo, los daños al cultivo derivados del medio ambiente, los servicios disponibles para el cultivo y aspectos sociales (educación, vivienda y conectividad). Se concluye que el rendimiento de un cultivo debe abordarse con una visión holística ya que fue

#### **Abstract**

The cultivation of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) is important in Mexico in terms of acreage, jobs created and producers involved in its cultivation. This article argues that, the yield per hectare at the municipal level of sugar cane cultivation is attributed not only to crop management factors and environmental, but requires considering factors related to competitiveness such as available services and social aspects as well. The research was descriptive and transversal; padron sugarcane information was used, generated (INEGI, 2007) of the 667 municipalities that reported production of sugarcane in the country, only 267 were able to build an index of services necessary to support the hypothesis, in total four indices were constructed with 18 indicators. For data analysis, principal component analysis was used and multiple regression models were generated. The results allowed to corroborate the hypothesis that the yield per hectare at the municipal level of this crop is mainly attributed to management thereof, crop damage arising from the environment, the services available for cultivation and social (education, housing and connectivity). We conclude that, the crop yield should be approached with a holistic view as it was possible to establish quantitatively interconnection not

\* Recibido: enero de 2015  
Aceptado: abril de 2015

posible establecer de manera cuantitativa la interconexión de factores no sólo agronómicos y ambientales, como tradicionalmente se piensa. Esto justifica el diseño de una política integral para atender al sector.

**Palabras clave:** *Saccharum officinarum* L., educación, manejo, marginación, servicios.

## Introducción

Según Banko (2005), la historia de la caña de azúcar en México y América Latina data de la mitad del siglo XVI, donde su cultivo comenzó a difundirse bajo un sistema de haciendas, con un proceso que abarcaba desde la producción agrícola hasta la elaboración de piloncillo y azúcar mascabada, además de la destilación de aguardiente. Durante los inicios del siglo XX, durante el Porfiriato se comenzaron a establecer los sistemas de “ingenios”, que consistía en una fábrica y los campos bajo el modelo de “plantación”, ambos propiedad de un mismo dueño o empresa. En los años treinta se implementó una reforma agraria para dejar la producción de caña en manos de ejidatarios y pequeños propietarios.

En la actualidad el cultivo de caña de azúcar ocupa el séptimo lugar en superficie cultivada con 673 480 hectáreas, generando 440 mil empleos directos y aportando 2.1% al PIB y 8.6% al PIB agropecuario. Pese a su importancia, en un comparativo de los rendimientos a nivel internacional, México tiene rendimientos de 20 toneladas inferiores con respecto a Brasil y de 55 toneladas menores comparado con Colombia, que reporta un rendimiento de 120 toneladas por hectárea (Santillán *et al.*, 2014), lo que pone de relieve la falta de competitividad a nivel internacional de los rendimientos de caña en campo.

A diferencia de otros cultivos, la agroindustria azucarera siempre ha tenido la presencia de organismos o asociaciones que aglutinan a los ingenios o a los productores del país (Singelmann, 2003), bajo su auspicio los socios se han beneficiado de créditos y regular el mercado del azúcar a través del manejo de inventarios, introducir mejores variedades y financiar sistemas de riego. En el mismo sentido, es un cultivo donde los productores y los ingenios han contado con el apoyo del gobierno a través de la banca de desarrollo para obtener créditos, fertilizantes y mecanizar la producción (Banko, 2005).

only agronomic and environmental factors, as traditionally thought. This justifies the design of a comprehensive policy to address the sector.

**Keywords:** *Saccharum officinarum* L., education, management, marginalization services.

## Introduction

According to Banko (2005), the history of sugarcane in Mexico and Latin America dates from the mid-sixteenth century, where its cultivation began to spread under a system of estates, with a process that stretched from agricultural production for processing Muscovado sugar and brown sugar, plus brandy distilling. During the early twentieth century, during the Porfiriato they began to establish systems of “industries”, which consisted of a factory and the fields under the model of “plantation”, both owned by the same owner or company. In the thirties land reform it was implemented to stop the production of cane in the hands of landowners and smallholders.

Today, the cultivation of sugarcane ranks seventh in cultivated 673 480 hectares, generating 440 thousand direct jobs and contributing 2.1% to GDP and 8.6% to the agricultural GDP. Despite its importance, in a comparative yields internationally, Mexico has lower yields of 20 tonnes compared to Brazil and 55 tons lower compared to Colombia, which reports a yield of 120 tons per hectare (Santillán *et al.*, 2014), which highlights the lack of international competitiveness of the cane yields in the field.

Unlike other crops, the sugar industry has always had the presence of organizations and associations that bind to the mills or producers in the country (Singelmann, 2003), under its auspices partners have benefited from loans and regulate the sugar market through inventory management, finance introduce improved varieties and irrigation systems. In the same sense, it is a culture where producers and mills have been supported by government development banks for credit, fertilizer and machine production (Banko, 2005).

Despite the support and organization, the sector faces challenges of low competitiveness of the product industry one side and poor infrastructure, where two of the key

Pese a los apoyos y a su organización, este sector afronta retos de baja competitividad de la industria producto de una infraestructura cara y deficiente, donde dos de las variables fundamentales son el costo de la materia prima, es decir la caña, y los atributos de calidad que encarecen el precio final del azúcar (Aguilar *et al.*, 2010). A su vez, el alto costo de la materia prima está relacionado a problemas de plantaciones vulnerables, suelos no óptimos para la producción, climas no aptos, el costo de los insumos, el costo del transporte, así como el tamaño de las unidades de producción que limitan la inversión y mejoras al cultivo (Aguilar *et al.*, 2012).

Estudios previos han establecido como variables determinantes del rendimiento en caña de azúcar el clima (Greenland, 2005; Valade *et al.*, 2014), la fertilización (Lofton *et al.*, 2012), la variedad y densidad de siembra (Tyagi *et al.*, 2012), la disponibilidad de riego e inversión en el cultivo (Santillán *et al.*, 2014), el tipo de suelo y las plagas relacionadas con las condiciones climáticas. Mientras que quemas accidentales, mala logística, robo de caña, costos de transporte, mala infraestructura y economías de escala no favorables, superficie promedio por cañero, distancia del predio al ingenio; se han considerado como factores que afectan la rentabilidad del cultivo (Domínguez, 2005; van den Berg y Singels, 2013).

La competitividad adicionalmente tiene que ver con la capacidad de competir, por lo que puede medirse a nivel unidad de producción o empresa, sectorial o geográfica (nivel local, municipal, regional o de país). El concepto de competitividad territorial ha tomado diversos matices dependiendo del autor sin existir a la fecha una concepción única (Banerjee, 2005), relacionándola con la productividad, lo atractivo del territorio para la inversión, la creación de riqueza (Atkociuniene y Petruliene, 2014) o el uso de factores para edificar una posición competitiva y mantenerla en relación con otras regiones (Snieska y Bruneckienė, 2009).

En este último sentido, el Foro Mundial Económico genera anualmente índices de competitividad nacional donde evalúa factores, políticas e instituciones de un país que determinan el nivel de prosperidad que puede lograr una economía (Squalli *et al.*, 2008), pese a lo discutible que pueda ser la utilidad de dicho índice, se concluye del mismo que la competitividad de un territorio no depende únicamente de la disponibilidad de factores de producción sino que es un fenómeno multifactorial.

variables are the cost of the raw material, i.e. the cane, and quality attributes to increase the final price of sugar (Aguilar *et al.*, 2010). In turn, the high cost of raw materials is related to problems of vulnerable plantation soils not optimal for production, unsuitable climates, the cost of inputs, transportation costs, and the size of production units limiting investment and improvements to the culture (Aguilar *et al.*, 2012).

Previous studies have established themselves as key variables of yield in sugarcane climate (Greenland, 2005; Valade *et al.*, 2014), fertilization (Lofton *et al.*, 2012), Variety and planting density (Tyagi *et al.*, 2012), the availability of irrigation and investment in culture (Santillán *et al.*, 2014), the type of soil and pests associated with climatic conditions. While accidental fires, poor logistics, theft cane, transportation costs, poor infrastructure and unfavourable economies of scale, the average area per cane, distance from the farm to the mill; They have been considered as factors affecting the profitability of the crop (Domínguez, 2005; van den Berg and Singels, 2013).

Further competitiveness is related with the ability to compete, so it can be measured at production unit or company, sector or geographic (local, municipal, regional or country). The concept of territorial competitiveness has taken different nuances depending on the author not exist at the time a unique view (Banerjee, 2005), relating to productivity, the attractiveness of the territory for investment, wealth creation (Atkociuniene and Petruliene, 2014) or use of factors to build and maintain a competitive position in relation to other regions (Snieska and Bruneckienė, 2009).

In the latter sense, the World Economic Forum annually generates national competitiveness index which evaluates factors, policies and institutions in a country that determine the level of prosperity that can achieve economies (Squalli *et al.*, 2008), despite the debatable may be the usefulness of the index, it is concluded that the same competitiveness of an area depends not only on the availability of factors of production but is a multifactorial phenomenon.

In studies of marginalization, the territory is also used as the unit of analysis to establish the difficulties to propagate the development and inequality between citizens and social groups. However, the concept is designed to account for the way in which the socio-economic development is rooted in the territory, so that their references are the political

En estudios sobre marginación, el territorio también se utiliza como unidad de análisis para establecer las dificultades para propagar el desarrollo y la desigualdad entre ciudadanos y grupos sociales. Sin embargo, el concepto está diseñado para dar cuenta del modo en que se enraíza el desarrollo socioeconómico sobre el territorio, por lo que sus referencias son las unidades político-administrativas geográficamente situadas; utilizando como variables: analfabetismo, población sin primaria completa, viviendas sin servicios básicos, nivel de hacinamiento, ingresos y tamaño de la localidad (Cortés y Vargas, 2011). Por lo anterior, explicar la competitividad territorial requiere una visión compleja y sistémica que incluya indicadores económicos, sociales y productivos.

En un estudio realizado por Wasna *et al.* (2009) en Kenia, los autores encontraron que existen diferencias en ingreso bruto y neto entre productores cañeros que tienen la misma superficie agrícola, identificando que dicho ingreso está determinado por los costos de cosecha, semilla, transporte y el nivel educativo del productor, siendo este último, un factor definitivo para lograr un mejor ingreso. La rentabilidad del sector agrícola entonces no sólo puede explicarse por el manejo del cultivo en la unidad de producción, también deben considerarse las políticas públicas, el mercado, las características de los productores y la competitividad del territorio como parte de un sistema local integral.

En virtud de la importancia de la caña en México en términos de superficie sembrada, empleos generados y el número de productores que participan en su cultivo, se consideró pertinente analizar los factores que explican el rendimiento en toneladas por hectárea, a nivel municipal, que tienen las unidades de producción cañeras. Este artículo plantea que el rendimiento por hectárea a nivel municipal de este cultivo, no se atribuye únicamente a factores de manejo del cultivo y ambientales, sino que también está influenciado por factores que se relacionan con la competitividad territorial como los servicios disponibles y aspectos sociales.

## Material y métodos

El estudio fue hecho con una base de datos elaborada por el Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (INEGI, 2008), del padrón de cañeros de la zafra 2006-2007 en México, para determinar los factores de competitividad territorial se tomó como unidad de medición el territorio y las estadísticas disponibles a nivel municipal. La concentración

and administrative units located geographically; using as variables: illiteracy, population without complete primary and homes without basic services, level of overcrowding, income and size of the town (Cortés and Vargas, 2011). Therefore, explain the territorial competitiveness requires a complex and systemic approach that includes economic, social and productive indicators.

In a study made by Wasna *et al.* (2009) in Kenya, the authors found that differences in gross and net income between sugarcane growers with the same agricultural area, identifying such income is determined by the costs of harvesting, seed, transport and education level of the producer, being the latter, a definitive factor to achieve a better income. The profitability of the agricultural sector then not only be explained by crop management in the production unit, must also be considered public policies, the market, the characteristics of producers and the competitiveness of the territory as part of a comprehensive local system.

In view of the importance of sugarcane in Mexico in terms of acreage, jobs created and the number of farmers involved in cultivation was considered appropriate to analyse the factors explaining the yield in tons per hectare, at the municipal level, which have sugarcane production units. This article argues that, the yield per hectare at the municipal level of this crop is not attributed solely to factors crop management and environment, but is also influenced by factors related to competitiveness as services available and social aspects.

## Materials and methods

The study was done with a database developed by the National Institute of Statistics Geography and Informatics (INEGI, 2008), the pattern of sugarcane in the 2006-2007 harvest Mexico, to determine the factors of territorial competitiveness was taken as unit, measuring the territory and statistics available at the municipal level. The concentration of production of the crop was in 15 of the 31 states (Table 1), same that are considered for analysis. Similarly, the number of municipalities is not uniform for each state, ranging from 22-100% of the municipalities with this crop. In terms of area, the percentage variations were also found with reed at the municipal level and the size of production units, so that the municipality would best serve as the unit of analysis.

de la producción de este cultivo era en 15 de los 31 estados del país (Cuadro 1), mismos que se consideran para el análisis. De igual manera, el número de municipios no es homogéneo para cada Estado, fluctuando desde 22 hasta 100% de los municipios con dicho cultivo. En términos de superficie, también se encontraron variaciones del porcentaje con caña a nivel municipal y en el tamaño de las unidades de producción, por lo que el municipio serviría mejor como unidad de análisis.

Once the unit of measurement was defined, the database contained 392 variables that characterized the 737 municipalities where the production of sugarcane in the country was reported. Of these municipalities, only 664 contained information useful production units for analysis, other socioeconomic information contained type so established that were municipalities where the producers had their homes. Of all those variables that serve as indicators

**Cuadro 1. Características a nivel municipal, superficie y unidades de producción de los estados productores de caña en 2007.**  
**Table 1. Characteristics at municipal level, surface and production units of sugarcane-producing states in 2007.**

Estado	Núm. de municipios del estado	Núm. de municipios con caña	Municipios (%)	Superficie con caña (ha)	Superficie agrícola de caña (%)	Unidades de producción (UP)	Tamaño promedio de las UP (ha)
Campeche	11	8	72.7	13 062	0.90	1 621	17.48
Chiapas	48	48	100	26 326	0.86	5 623	4.78
Colima	10	10	100	14 311	4.67	958	11.77
Jalisco	125	65	52	68 556	2.55	12 538	6.41
Michoacán	113	25	22.1	14 742	0.78	5 035	64.27
Morelos	33	26	78.8	21 868	11.89	7 324	2.76
Nayarit	20	12	60	40 319	4.13	6 181	6.22
Oaxaca	571	190	33.3	63 258	3.11	10 180	5.86
Puebla	217	81	37.3	19 120	1.60	7 372	2.50
Quintana Roo	9	5	55.6	30 691	5.76	2 218	11.54
San Luis Potosí	58	43	74.1	86 567	4.67	12 910	12.03
Sinaloa	18	10	55.5	29 896	1.68	1 425	218.54
Tabasco	17	11	64.7	27 663	2.49	5 353	5.67
Tamaulipas	43	19	44.2	47 454	1.48	4 761	12.59
Veracruz	212	184	86.8	296 365	7.77	52 010	5.39
Total general	1575	737	46.8	800 197	3.07	135 509	10.78

Fuente: elaboración con datos del INEGI (2008).

Una vez definida la unidad de medición, la base de datos contenía 392 variables que caracterizaban a los 737 municipios donde se reportaba la producción de caña de azúcar en el país. De estos municipios, solo 664 contenían información de unidades de producción útiles para el análisis, el resto contenía información de tipo socioeconómica por lo que se estableció que eran municipios donde tenían sus hogares los productores. Del total de variables se discriminaron aquellas que servirían como indicadores de competitividad territorial, manejo y agroclimáticas. Con base en lo anterior, se procedió a elaborar índices que representaban el porcentaje de alguna de las dimensiones estudiadas para las unidades de producción reportadas en los municipios.

of territorial competitiveness, were discriminated those regarding management and agroclimatic. Based on this situation, we proceeded to develop indices representing the percentage of any of the dimensions studied for production units reported in the municipalities.

For example, in order to build the indicator we divided the surface (ha) reported unaffected, including the total area sown with cane city. Similarly, we proceeded to the other indicators constructed. In all cases, contrary to the index generated by the CONAPO, marginalization and focuses on the limitations of individuals in the territory (Cortés and Vargas, 2011), the rates that were built focused on the competitive advantage for each variable.



Por ejemplo, para la construcción del indicador siniestro se dividió la superficie (ha) reportada sin afectación por siniestro en dicha zafra, entre la superficie total sembrada con caña por municipio. De igual forma se procedió para el resto de los indicadores construidos. En todos los casos, contrario al índice de marginación que genera la CONAPO y que se enfoca en las limitaciones de los individuos en el territorio (Cortés y Vargas, 2011), los índices que se construyeron se concentraron en la ventaja competitiva para cada variable.

$$I_j = \frac{S_i^{\text{sin daño}}}{S_i^{\text{total}}} \times 100$$

Donde:  $S_i^{\text{sin daño}}$ : es el número de hectáreas que no sufrió algún siniestro en el municipio;  $S_i^{\text{total}}$ : es el número de hectáreas totales del municipio.

Una vez creados los indicadores, se aplicó la técnica de análisis de componentes principales (ACP), al considerarla adecuada para reducir la dimensionalidad y retener al máximo la información de cada indicador. Esta técnica matemática permite sintetizar la complejidad de orden conceptual, en grupos de indicadores que posibiliten ordenar y diferenciar las unidades territoriales del país según la intensidad del uso de los factores de competitividad que afectan los rendimientos de los productores cañeros.

El análisis de componentes principales inicia con una matriz de datos con las variables estandarizadas para evitar efectos de escala (cada variable tiene media cero y varianza uno). Supóngase que la matriz  $X$ , de dimensión  $n \times p$ , contiene las variables estandarizadas medidas en  $n$  municipios. Si el vector  $c$ , de dimensión  $p \times 1$ , representa los coeficientes o pesos de las  $p$  variables en la combinación lineal,  $z$  es un vector columna, de dimensión  $n \times 1$ , que se obtiene de la combinación lineal  $z = Xc$ . El objetivo del análisis de componentes principales consiste en determinar los valores de los pesos que maximizan la varianza de la combinación lineal  $z'z$ , que se puede escribir como:

$$S^2 = c' R c,$$

Donde:  $R$  es la matriz de varianzas y covarianzas  $X'X$ , que es igual a la matriz de correlaciones en el caso en que las variables están estandarizadas. El procedimiento consiste en elegir un primer factor, es decir, una combinación lineal de las variables estandarizadas, cuyos pesos permitan dar cuenta del máximo de la varianza de  $z$ . El primer componente principal es la combinación lineal de variables originales ponderadas por el vector  $c_1$ , que dan cuenta del máximo de varianza del factor, y

$$I_j = \frac{S_i^{\text{sin daño}}}{S_i^{\text{total}}} \times 100$$

Where:  $S_i^{\text{without harm}}$ : the number of hectares that did not suffer any casualty in the city;  $S_i^{\text{total}}$ : is the total number of hectares of the municipality.

Once created, the indicators, the technique of principal component analysis (PCA) was applied to consider appropriate to reduce the dimensionality and retain full information on each indicator. This mathematical technique can synthesize the complexity of conceptual order, in groups of indicators that allow sorting and differentiate the territorial units of the country according to the intensity of use of the competitive factors affecting yields of sugarcane growers.

The principal component analysis begins with a data matrix with the standardized variables to avoid scale effects (each variable has zero mean and unit variance). Suppose the  $X$  matrix of dimension  $n \times p$ , contains standardized variables measured in  $n$  municipalities. If the vector  $c$ , of size  $p \times 1$ , represents the coefficients or weights of the  $p$  variables in the linear combination,  $z$  is a column vector of dimension  $n \times 1$ , which is obtained from the linear combination  $z = Xc$ . The goal of principal components analysis is to determine the values of the weights that maximize the variance of the linear combination  $z'z$ , which can be written as:

Where:  $R$  is the covariance matrix  $X'X$ , which is equal to the correlation matrix in the case where the variables are standardized. The procedure involves choosing a first factor, that is, a linear combination of standardized variables, whose weight allow to account for the maximum variance of  $z$ . The first principal component is the linear combination of original variables weighted by the vector  $c_1$ , which account for the maximum variance of the factor, and that is associated with the value  $\lambda_1$ . The second component, symbolized by the vector  $c_2$ , it has a maximum variance subject to the normalization condition  $c_1'c_2 = 1$ , and the restriction that the first and second components should be orthogonal, where the second component is associated with the value  $\lambda_2$ , so that  $\lambda_1 > \lambda_2$ . This very same procedure is repeated as many times as there are variables, thereby obtaining  $p$  values (Cortés and Vargas, 2011).

In total, there were 27 indicators available with them we tried to build 7 indexes, through the technique of ACP. In order to verify the reliability of the indexes, we used two indicators:

que tiene asociado el valor propio  $\lambda_1$ . El segundo componente, simbolizado por el vector  $c_2$ , tiene una varianza máxima sujeta a la condición de normalización  $c_1^2 c_2^2 = 1$ , y a la restricción de que el primero y segundo componentes deben ser ortogonales, donde el segundo componente tiene asociado el valor propio  $\lambda_2$  y se cumple que  $\lambda_1 > \lambda_2$ . Este mismo procedimiento se repite tantas veces como variables haya, obteniéndose así  $p$  valores propios (Cortés y Vargas, 2011).

En total se tenían 27 indicadores, con los cuales se intentaron construir 7 índices a través de la técnica de ACP. Para verificar la fiabilidad de los índices construidos se utilizaron dos indicadores: el valor alfa de Cronbach y la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin. Según Hair *et al.* (1999), un valor aceptable de alfa de Cronbach debe ser de 0.60, aunque es posible aceptar valores más bajos (0.50) cuando se trata de un análisis exploratorio. El segundo caso es el uso del valor de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), como indicador del grado entre las variables y que debe presentar valores de 0.5 o superior (Field, 2005).

En el caso de nuestros datos, se lograron retener 4 índices construidos con 18 indicadores (Cuadro 2), el resto de los indicadores no tenían valores de fiabilidad aceptables por lo que fueron desechados (otros ingresos, servicio médico particular, medio de transporte automóvil, Unidades de Producción (UP) localizadas a menos de 20 km del ingenio, régimen de tenencia privada, terrenos cuyo año de plantación es previa a 2002, terrenos rentados, UP que recibieron capacitación y relación de maquinaria y equipo por UP). El único índice con valor de alfa menor a 0.5 fue el ambiental, mismo que se retuvo debido a que el valor de KMO fue superior a 0.5 y a la importancia que las variables tenían para la construcción del modelo que explica el rendimiento.

Para corroborar la hipótesis del poder explicativo de las variables sobre el rendimiento a nivel municipal, se utilizó la técnica estadística de análisis de regresión múltiple que permite establecer las relaciones entre una variable criterio y varias independientes (predictores). Con esta técnica cada variable predictor es ponderada, de forma que las ponderaciones indican su contribución relativa a la predicción conjunta, siguiendo el modelo (Hair *et al.*, 1999):

$$Y_0 = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n + e$$

Donde:  $Y_0$  = rendimiento;  $b_0$  = constante;  $b_1$  = cambio en el rendimiento asociado a la variable  $X_1$ ;  $X_1$  = variable predictiva;  $e$  = error.

Cronbach's alpha value and, the measure sampling adequacy by Kaiser-Meyer-Olkin. According to Hair *et al.* (1999), an acceptable Cronbach's alpha value should be 0.60, but may accept lower values (0.50) when it comes to an exploratory analysis. The second case is the use of the value of Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), as an indicator of the degree between the variables and values to be submitted at 0.5 or higher (Field, 2005).

In the case of our data, we managed to retain four indexes built with 18 indicators (Table 2), the other indicators had no reliability values acceptable so, they were discarded (other income, including medical care, means of motor transport, Production Units (UP) located within 20 km of the mill, under private ownership, land whose planting year is prior to 2002, land rented, UP who received training and related machinery and equipment UP). The only index with alpha value lower than 0.5 was the environmental, which was retained because the KMO value was over 0.5, and importance that the variables had to build the model that explains yield.

In order to corroborate the hypothesis of the explanatory power of the variables on the yield at the municipal level, the statistical technique of multiple regression analysis that establishes the relationship between a criterion variable and several independent was used (predictor). With this technique, every predictor variable is considered so; the weights indicate their relative contribution to the joint prediction, following the model by Hair *et al.*, (1999):

$$Y_0 = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n + e$$

Where:  $Y_0$  = yield;  $b_0$  = constant,  $b_1$  = change in yield associated with the variable  $X_1$ ;  $X_1$  = predictor;  $e$  = error.

The final analysis of the data consisted to make categories with the indexes created. For that, once the study units where categorized, we proceeded to group them into layers that met the requirement of being homogeneous within themselves and heterogeneous between them. The technique used was the called decision-tree, which is a method of sequential data set by partitions to maximize the differences of the dependent variable; the program used was CHAID, which is a detector of interaction by chi-square (Hair *et al.*, 1999). For the statistical analysis we used SPSS® version 20.



**Cuadro 2. Detalles de la construcción y operacionalización de los índices utilizados como variables explicativas.**  
**Table 2. Details of the construction and operationalization of the indices used as explanatory variables.**

Índice	$\alpha$ /KMO	Descripción
Manejo	0.583/0.502	Porcentaje de terrenos con riego Porcentaje de las unidades de producción que controlaron plagas y enfermedades Porcentaje de la superficie que fertiliza
Ambiental	0.493/0.594	Porcentaje de la superficie que no sufrió algún siniestro Porcentaje de la superficie que no fue dañada por alguna plaga Porcentaje de la superficie que no fue dañada por alguna enfermedad
Servicios	0.651/0.725	Porcentaje de UP que firmaron contrato Porcentaje de las unidades de producción que recibieron capacitación antes de 2005 Porcentaje de las unidades de producción que realizan actividades colectivas Porcentaje de la superficie que contrata mano de obra Porcentaje de las unidades de producción que contrataron créditos Porcentaje de las unidades de producción que tuvieron asistencia técnica
Social	0.745/0.817	Porcentaje de las unidades de producción cuyo principal material de las paredes de la vivienda es tabique Porcentaje de las unidades de producción cuyo principal material del piso de la vivienda es cemento Porcentaje de las unidades de producción cuyo principal material del techo de la vivienda es losa Porcentaje de las unidades de producción que tienen algún servicio Porcentaje de las unidades de producción cuya principal vía de comunicación de la localidad es carretera pavimentada Porcentaje de las unidades de producción cuyo nivel de estudios del productor es superior a la secundaria

El análisis final de los datos consistió en hacer categorías con los índices creados. Para eso, una vez jerarquizadas las unidades de estudio se procedió a agruparlas en estratos que cumplieran con el requisito de ser homogéneos en su interior y heterogéneos entre ellos. La técnica utilizada fue el árbol de decisión, que es un método de particiones secuenciales del conjunto de datos para maximizar las diferencias de la variable dependiente, el programa utilizado fue CHAID que es un detector de interacción chi-cuadrado (Hair *et al.*, 1999). Para los análisis estadísticos se utilizó el software SPSS® Versión 20.

## Resultados y discusión

Del total de municipios analizados, únicamente para 267 se pudo construir el índice de servicios. En la Tabla 3 se presenta el número de municipios retenidos por entidad federativa. Si se compara la media de estos municipios con los 737 reportados como municipios cañeros (Cuadro 1), se observa que los municipios para los cuales se pudo construir el índice

## Results and discussion

Of all the municipalities analysed, only for 267 we did build the services index. The number of municipalities held by State is presented in the Table 3. If the average of these municipalities is compared with the 737 reported as sugarcane municipalities (Table 1), it is observed that the municipalities for which it could build the services index have increased the sugarcane area and production units (UP) have a higher size. However, of the 664 municipalities, only 267 were considered in the model because the service only factor could be constructed for these municipalities, the rest did not have one or all services.

The Table 4 presents the correlation matrix of the variables used in the study. There are no multicollinearity problems, likewise all values of inflation factor of variance (IVF) and tolerance had values below 10 and above 0.2 (Bowerman and O'Connell, 1990), so the model is acceptable.

de servicios tienen mayor superficie cañera y las unidades de producción (UP) son de mayor tamaño. No obstante, de los 664 municipios, solamente 267 fueron considerados en el modelo debido a que el factor servicios sólo se pudo construir para estos municipios, el resto no contaban con uno o todos los servicios.

The Table 5 shows the results of multiple regression model, where the value of  $\beta$  is related to the weight that each factor to explain the crop yield. It shows that the factors: environmental, social and management services have explanatory power on yield. The model was significant and the value of  $R^2$  is appropriate because it explains 59% of the variability in yield.

**Cuadro 3. Número de municipios, rendimiento, porcentaje de la superficie con caña y tamaño de las UP promedio de los municipios por estado que fueron incluidos en el modelo.**

**Table 3. Number of municipalities, yield, percentage of surface and the average size of the municipalities by State, included in the UP.**

Estado	Número de municipios considerados para el modelo	Rendimiento promedio de los municipios (t ha <sup>-1</sup> )	Promedio de la superficie del municipio con caña (%)	Tamaño promedio de las UP
Campeche	2	24.78±22.38	2.39±2	6.75±0.64
Chiapas	15	69.20±5.25	8.67±3.22	7.27±1.49
Colima	7	56.89±10	7.79±5.69	15.34±3.15
Jalisco	38	80.62±2.46	15.41±3.23	7.19±0.73
Michoacán	13	70.32±5.6	9.62±3.24	3.00±0.45
Morelos	20	80.11±3.88	17.87±4.1	3.00±0.21
Nayarit	8	63.84±4.5	11.71±4.11	6.65±0.96
Oaxaca	16	51.83±6.62	19.02±6.1	5.55±0.95
Puebla	17	78.45±7.19	22.40±5.73	3.66±0.77
Quintana Roo	1	60.25	8.62	13.85
San Luis Potosí	21	30.93±4.97	8.61±2.78	5.66±1.14
Sinaloa	3	80.27±8.31	7.76±2.82	579.99±569.78
Tabasco	5	54.81±2.74	5.88±2.82	6.15±1.37
Tamaulipas	11	44.02±7.12	19.47±7.57	14.51±5.28
Veracruz	90	63.16±2.06	21.62±2.61	5.68±0.54
Total	267	64.17±1.51	16.62±1.29	12.66±6.43

Fuente: con datos del INEGI (2008).

El Cuadro 4 presenta la matriz de correlación de las variables utilizadas en el estudio. Como se puede observar no se tienen problemas de multicolinealidad, de igual manera todos los valores de factor de inflación de la varianza (FIV) y de tolerancia tuvieron valores por debajo de 10 y superior a 0.2 (Bowerman y OConnell, 1990), por lo que el modelo es aceptable.

Management. This factor was considered the best regarding the explanatory power of the model, which means watering, pest and disease control and fertilizing are strategic actions for the crop yield. However, previous studies indicated that usually in the sugar sector, "one formula of fertilizer (or very little) to wit, the indiscriminate use of pesticides is used; irrigation is applied

**Cuadro 4. Correlaciones de orden cero entre los constructos.**

**Table 4. Zero-order correlations between constructs.**

Constructo	n	Rendimiento	Ambiental	Manejo	Servicios	Social
Rendimiento	267	1				
Ambiental	267	0.039***	1			
Manejo	267	0.688***	-0.302***	1		
Servicios	267	0.59***	-0.141**	0.622***	1	
Social	267	0.505***	0.111*	0.514***	0.357***	1

\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ . Todos los datos son con las variables transformadas en índices.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados del modelo de regresión múltiple, donde el valor de  $\beta$  se relaciona con la ponderación que tiene cada factor para explicar el rendimiento del cultivo. Se aprecia que los factores: de manejo, ambiental, de servicios y social tienen un poder explicativo sobre el rendimiento. El modelo fue significativo y su valor de  $R^2$  es adecuado, ya que explica 59% de la variabilidad del rendimiento.

regardless of soil properties and crop requirements" (Gómez *et al.*, 2010), so these factors should be given harder. Carballoso and Marín (2011) provide a good soil management that can increase yield up to 65%; however, in their results, they reported that, the factors slope and drainage are those who actually have a significant effect on yield in cane and their explanatory power is lower so that soil fertility and years of exploitation of the land could be factors with greater explanatory power.

**Cuadro 5. Resultados del modelo de regresión múltiple del rendimiento a nivel municipal en t ha<sup>-1</sup>.**

**Table 5. Results of the multiple regression model of yield at the municipal level in t ha<sup>-1</sup>.**

Variable	B	Error B	$\beta$	Sig.
Constante	53.611	1.327		
Manejo	17.503	1.913	0.549	(0.000)***
Ambiental	7.945	1.55	0.227	(0.000)***
Servicios	5.907	1.255	0.24	(0.000)***
Social	3.75	1.653	0.111	(0.024)*
$R^2$ ajustada			0.585	
F			92.213	
Sig F			(0.000)***	
Cambio en $R^2$			0.008	
F cambio			5.144	
Sig F cambio			(0.024)*	
n			267	

Los valores reportados son los valores estandarizados de  $\beta$ ; \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ .

Manejo. Este factor resultó el de mayor poder explicativo en el modelo, lo que significa que regar, controlar plagas y enfermedades y fertilizar son acciones estratégicas para el rendimiento del cultivo. No obstante, estudios previos señalan que por lo general en el sector cañero: "se utiliza una sola fórmula de fertilizante (o muy pocas) por ingenio, el uso de plaguicidas es indiscriminado; se aplica riego sin tener en cuenta las propiedades del suelo y exigencias del cultivo" (Gómez *et al.*, 2010), por lo que estos factores debieran administrarse con mayor ahínco. Carballoso y Marín (2011), establecen que un buen manejo del suelo puede incrementar hasta 65% el rendimiento, sin embargo en sus resultados reportan que los factores de pendiente y drenaje son los que realmente tienen un efecto significativo en el rendimiento en caña y que su poder explicativo es menor por lo que la fertilidad del suelo y los años de explotación de la parcela podrían ser factores con mayor poder explicativo.

Factores ambientales. Según Valade *et al.* (2014), la presencia de plagas y enfermedades está asociada a factores ambientales por lo que son un indicador de su impacto en el rendimiento del cultivo. Como puede verse en el modelo

Environmental factors. According to Valade *et al.* (2014), the presence of pests and diseases is associated with environmental factors so, they are an indicator of its impact on crop yield. As shown in the generated model, this is the second factor relevant to explain the yield of sugarcane. However, besides phytosanitary problems related to the environment, it is also related to the sensitivity of the varieties of cane used so this is another factor to consider (Pineda *et al.*, 2000).

Services. The regional competitiveness studies state that the available services and infrastructure are relevant to improve the profitability of enterprises established in those territories. Collective work, signing contracts, training and technical support, recruitment of labour and use of the credit for the creation of six variables were used indicator. The results of statistical analysis show that the services have an effect on the yield of sugarcane.

In the case of collective work in Mexico, this work generally focuses on cutting fronts where farmers agree that a working group made up of the same producers cut or perform other

generado, este es el segundo factor de relevancia para explicar el rendimiento de caña. No obstante, los problemas fitosanitarios además de relacionarse al ambiente, también se vinculan con la sensibilidad de las variedades de caña utilizadas por lo que éste es otro factor que debe considerarse (Pineda *et al.*, 2000).

**Servicios.** Los estudios de competitividad territorial establecen que los servicios así como la infraestructura disponibles son relevantes para mejorar la rentabilidad de las empresas establecidas en dichos territorios. Para la creación del indicador se utilizaron seis variables: trabajo colectivo, firma de contratos, capacitación y asistencia técnica, contratación de mano de obra y uso del crédito. Los resultados del análisis estadístico demuestran que los servicios tienen un efecto sobre el rendimiento de caña de azúcar.

En el caso del trabajo colectivo, en México este trabajo generalmente se focaliza en los frentes de corte donde los productores aceptan que un grupo de trabajo integrado por los mismos productores corte o realice otras actividades colectivas como el control de plagas (Vázquez, 2010), por lo que las iniciativas colectivas de servicios repercuten favorablemente en el rendimiento. Mientras que la firma de contratos permite a los productores tener más seguridad sobre quién adquirirá su producto y reduce la incertidumbre, siendo un incentivo para la inversión en el cultivo (Genesove y Mullin, 2001), a la vez permite mejorar la gestión de la cadena de abasto y con ello asegurar una fecha de corte óptima (Le Gal *et al.*, 2008).

Por otra parte, la mayoría de los programas de capacitación y formación de técnicos azucareros o que atenderán al sector cañero se enfocan en aspectos agrícolas como manejo de suelo, variedades, control de plagas y enfermedades (Milanés-Ramos *et al.*, 2011); estos temas son después replicados en los procesos de capacitación y asesoría a productores. En lo referente al uso de mano de obra los resultados son congruentes con un estudio previo de Hussain y Khattak (2011), quienes encontraron que la producción de caña estaba directamente ligada a la cantidad de mano de obra utilizada, lo cual es lógico debido a que un productor que realiza todas sus actividades agrícolas demanda mayor mano de obra.

El crédito es otro factor importante en el sector, en el caso cañero se cuenta con el apoyo de los ingenios para recuperar los créditos por lo que el riesgo es menor que en otras

collective activities such as pest control (Vázquez, 2010) so, the collective initiatives of services impact positively on yield. While signing contracts allow producers to be more confident about who acquire their product and reduces uncertainty, being an incentive for investment in the cultivation (Genesove and Mullin, 2001), while allowing better management of the chain of supply and thereby ensure optimal cutting date (Le Gal *et al.*, 2008).

Moreover, most of the training programs and technical training or that will attend the sugarcane sector to focus on agricultural issues such as soil management, varieties, pest and disease control (Milanés-Ramos *et al.*, 2011); these issues are then replicated in the process of training and advice to producers. Regarding the use of labour the results are consistent with a previous study by Hussain and Khattak (2011), who found that sugarcane production was directly linked to the amount of the labour used, which is logical because a producer who does all their agricultural activities increased labour demand.

Credit is another important factor in the sector, regarding sugarcane, counting with the support of sugarcane mills to recover the credits so, the risks are lower than in other farming activities, sugarcane producers have been customers of the banking Development (FIRA and NDF) for several years, this resources improves farming and becomes an important aspect for better standard of living (Alam *et al.*, 2014).

**Social factors.** Finally, the social factor was positive and significant explanatory. Regarding education, the results can be explained by the contribution of Windle and Rolfe (2005), who found that Australian producers with higher levels of education tend to specialize more in sugarcane implying that a higher level of education to a greater acreage of a single crop, thereby economies of scale that positively impact yield are achieved. Similarly, more education means more development expertise and decision-making (Armida *et al.*, 2011). Better conditions of housing quality imply that producers would have a business profile, according to a study made by Bustillo *et al.* (2009) who found that sugarcane producers are businesslike governed by the regulations of the mills and the logic of profit, which implies following the technical recommendations of wit and are focused to get higher yields. Finally, the connectivity factors, to have paved

actividades agropecuarias los productores cañeros han sido clientes de antaño de la banca de desarrollo (FIRA y FND), esta inyección de liquidez permite mejorar la actividad agrícola y se vuelve importante para tener un mejor nivel de vida (Alam *et al.*, 2014).

Factores sociales. Por último, el factor social tuvo poder explicativo positivo y significativo. En lo referente a educación los resultados pueden explicarse con la contribución de Windley y Rolfe (2005), quienes encontraron que los productores australianos con mayores niveles de educación tienden a especializarse más en caña lo que implica que a mayor nivel educativo mayor superficie dedicada a un sólo cultivo, con ello se logran economías de escala que impactan positivamente en el rendimiento. De igual manera, un mayor nivel educativo implica un mayor desarrollo de competencias técnicas y de toma de decisiones (Armida *et al.*, 2011). Mejores condiciones de la calidad de la vivienda implican que los productores tendrían un perfil empresarial, de acuerdo en un estudio de Bustillo *et al.* (2009) los autores encontraron que los cañeros son productores de tipo empresarial que se rigen por la normatividad de los ingenios y la lógica de la ganancia, lo que implica que siguen las recomendaciones técnicas del ingenio y están enfocados a obtener mayores rendimientos. Finalmente, el factor conectividad, al contar con vías de comunicación pavimentada se reducen los tiempos de traslado y se facilita acceder a insumos más económicos que aquellos productores en comunidades aisladas.

## Conclusiones

La producción de caña de azúcar es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, por superficie y el número de productores involucrados y empleos generados. El rendimiento del cultivo es un factor importante para este sector pues en casos como el de México, el pago aún se hace en función de la biomasa y no por la calidad del jugo de la caña. La mayoría de los estudios previos sobre los factores que explican el rendimiento del cultivo se basan en aspectos de tipo ambiental, como son la precipitación y el tipo de suelo o aspectos de manejo del cultivo (fertilización y nutrición del cultivo, el riego, el manejo del suelo, entre otros). Este estudio integró variables adicionales como los servicios y aspectos sociales; los primeros considerados como parte de los componentes de competitividad territorial que favorecen el desarrollo de los productores o empresas y los segundos

roads a communication transfer time are reduced and facilitates access to cheaper inputs than the producers in isolated communities.

## Conclusions

The production of sugarcane is one of the most important activities worldwide, by area and number of farmers involved as well as the jobs created. Crop yield is an important factor for this sector because in cases like Mexico, the payment is still made according to the biomass and not for the quality of sugarcane juice. Most of the previous studies on the factors that explain crop yields are based on aspects of environmental, such as precipitation and soil type or aspects of crop management (fertilization and crop nutrition, irrigation, soil management, etc.). This study integrated additional variables such as services and social aspects; the first considered as part of the components of territorial competitiveness that favour the development of producers or companies and the latter as reflecting a lower level of poverty fosters higher investment in culture as well as a business perspective of handling.

The results corroborate the hypothesis that, the yield per hectare at the municipal level sugarcane crop is attributed to crop management factors, environmental, available services and social aspects. The most important one the management that is given to the crop, followed by damage from the environment.

The study involves a holistic view of cultivating of sugarcane in Mexico, to establish quantitatively the interconnection of the factors studied. This justifies the sugar sector for credit and the need for training and advice, while supporting social programs to improve the quality of life of the cane are also relevant, so that a comprehensive policy should be designed to serve the sector, not only support with inputs.

The main limitation of the study is that it is a cross-sectional study, due to the lack of data available for one of longitudinal type; nevertheless, the results are illustrative of the phenomenon studied.

*End of the English version*





que reflejan como un grado menor de marginación propicia mayores inversiones en el cultivo así como una perspectiva empresarial de manejo del mismo.

Los resultados permiten corroborar la hipótesis que el rendimiento por hectárea a nivel municipal del cultivo de caña de azúcar, se atribuye a factores de manejo del cultivo, ambientales, los servicios disponibles y aspectos sociales. Siendo los más importantes el manejo que se le da al cultivo, seguido por los daños derivados del ambiente.

El estudio conlleva una visión holística del cultivo de caña de azúcar en México, al establecer de manera cuantitativa la interconexión de los factores estudiados. Esto justifica el crédito al sector cañero, así como la necesidad de capacitación y asesoría, mientras que el apoyo con programas sociales para mejorar la calidad de vida de los cañeros son también relevantes, por lo que debe diseñarse una política integral para atender al sector, no sólo en apoyos con insumos.

La principal limitación del estudio es que es un estudio transversal, debido a la ausencia de datos disponibles para realizar uno de tipo longitudinal, pese a ello, los resultados son ilustrativos del fenómeno estudiado.

## Agradecimientos

La presente investigación fue financiada con fondos de la LPI-13 del Colegio de Postgraduados y del proyecto “Diseño de un programa contemporáneo de manejo integrado de mosca pinta en caña de azúcar” (SAGARPA-SNITT).

## Literatura citada

- Aguilar, R. N.; Rodríguez, L. D. A.; Enríquez R, V.; Castillo M, A. y Herrera S, A. 2012. The Mexican sugarcane industry: overview, constraints, current status and long-term trends. *Sugar Tech.* 14(3):207-222.
- Aguilar- Rivera, N.; Galindo- Mendoza, G.; Fortanelli- Martínez, J. y Contreras- Servin, C. 2010. Competitividad internacional de la industria azucarera de México. *Theoria.* 19(1):7-29.
- Alam, M.; Ullah, R.; Mirza, A. I.; Saleem, W.; Elahi, M. and Sultan, H. 2014. Impact of microcredit scheme on socio-economic status of farmers. A case study of PRSP in District Gujranwala. *South Asian Studies.* 29:161-169.
- Armida-Alcudia, L.; Ruiz-Rosado, O.; Salgado-García, S.; Gallardo-López, F.; Nava-Tablada, M. E. y Juárez-López, J. F. 2011. Socioeconomic and technological factors in sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) agroecosystems production in Chontalpa, Tabasco. *Trop. Sub. Agroecosy.* 13(3):261-269.
- Atkociuniene, V. and Petrulienė, D. 2014. Impact of multifunctional agriculture on territorial competitiveness: Theoretical approach. *Econ. Rural Develop.* 10(2):7-15.
- Banerjee, S. 2005. International competitiveness and sugar strategy options in Australia, Brazil and the European Union. *Int. J. Bus. St.* 13(1):39-66.
- Banko, C. 2005. La industria azucarera en México y Venezuela. Un estudio comparativo. *Carta Económica Regional.* 17(92):41-54.
- Bowerman, B. L. and O'Connell, R. T. 1990. Linear statistical models: an applied approach. 2ª. Ed. Duxbury, Belmont, CA. 251 p.
- Bustillo- García, L.; Martínez- Dávila, J. P.; Osorio- Acosta, F.; Salazar- Lizán, S.; González- Acuña, I. y Gallardo- López, F. 2009. Grado de sustentabilidad del desarrollo rural en productores de subsistencia, transnacionales y empresariales, bajo un enfoque autopoietico. *Revista Científica, FCV-Luz.* 19(6):650-658.
- Caraballos, V. y Marín, E. 2011. Influencia de algunos factores edafoclimáticos sobre los rendimientos de la caña de azúcar en la localidad de Paredes. *Agrotecnia de Cuba.* 38(1):63-68.
- Cortés, F. y Vargas, D. 2011. Marginación en México a través del tiempo: a propósito del índice de Conapo. *Estudios Sociológicos.* 29(86):361-387.
- Domínguez- Ruvalcaba, L. 2005. Desarrollo regional y competitividad: la agroindustria azucarera en México. *Nóesis. Rev. Cienc. Soc. Hum.* 15(027):227-250.
- Field, A. 2005. Discovering statistics using SPSS. 2ª. Ed. SAGE, London.
- Genesove, D. and Mullin, W. P. 2001. Rules, Communication, and collusion: narrative evidence from the sugar institute case. *The American Economic Review.* 91(3):379-398.
- Gómez, I. A.; Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Sánchez, M. E.; Durán, J. L.; Benítez, L.; Villegas, R.; Ponce de León, D. y López, M. 2010. Grupos de suelos y su distribución en las áreas del ingenio Central Motzorongo, Veracruz, México. *Cultivos Tropicales.* 31(2):32-36.
- Greenland, D. 2005. Climate variability and sugarcane yield in Louisiana. *J. Appl. Meteorol.* 44(11):1655-1666.
- Hair, J. F. J.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L. y Black, W. C. 1999. Análisis multivariante. 5ª. Ed. Prentice Hall Iberia, Madrid, España.
- Hussain, A. y Khattak, N.-u.-R. 2011. Economic analysis of sugarcane crop in District Charsadda. *J. Agric. Res.* 49(1):153-163.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2008. Padrón nacional cañero 2007. SAGARPA-INEGI.
- Le Gal, P. Y.; Lyne, P. W. L.; Meyer, E. and Soler, L. G. 2008. Impact of sugarcane supply scheduling on mill sugar production: a South African case study. *Agricultural Systems.* 96(1-3):64-74.
- Lofton, J.; Tubana, B. S.; Kanke, Y.; Teboh, J.; Viator, H. and Dalen, M. 2012. Estimating sugarcane yield potential using an in-season determination of normalized difference vegetative index. *Sensors.* 12(6):7529-7547.
- Milanés-Ramos, N.; Castillo-Morán, A.; Rodríguez-Lagunes, D. A.; Herrera-Solano, A. and J. I. Sarquís, H. O. R. 2011. In search of sustainability of the sugarcane crop and sugar industry: The role of preparation and training of human resources. *Int. J. Bio-Res. Stress Manag.* 2(1):054-089.

- Pineda- Ruiz, E.; Rodríguez- Camacho, I.; Más- Martínez, R.; Pérez- Iglesias, H.; García- Ruiz, I.; Díaz- Mujica, F.; Barroso- Medina, F.; Valencia- Núñez, A.; Carballo- Rosario, C. y Quintana- Martínez, J. 2000. Estudio de los suelos y evaluación de los factores limitantes para el manejo agrícola integral de plantaciones cañeras en Villa Clara. Centro Azúcar. 2:83-91.
- Santillán- Fernández, A.; Santoyo- Cortés, V. H.; García- Chávez, L. R. y Covarrubias- Gutiérrez, I. 2014. Dinámica de la producción cañera en México: Período 2000 a 2011. Agroproductividad. 7(6):23-29.
- Singelmann, P. 2003. La transformación política de Mexico y los gremios cañeros del PRI. Rev. Mex. Sociol. 65(1):117-152.
- Snieska, V. and Bruneckienė, J. 2009. Measurement of Lithuanian regions by regional competitiveness index. Eng. Econ. 61(1):45-57.
- Squalli, J.; Wilson, K. y Hugo, S. 2008. An analysis of growth competitiveness. Int. Rev. Appl. Econ. 22(1):105-126.
- Tyagi, V. K.; Sharma, S. and Bhardwaj, S. B. 2012. Pattern of association among cane yield, sugaryield and their components in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). J. Agric. Res. 50(1):29-38.
- Valade, A.; Ciais, P.; Vuichard, N.; Viovy, N.; Huth, N.; Marin, F. and Martiné, J. F. 2014. Modeling sugar cane yield with a process-based model from site to continental scale: uncertainties arising from model structure and parameter values. Geoscientific Model Development Discussions. 7(1):1197-1244.
- van den Berg, M. and Singels, A. 2013. Modelling and monitoring for strategic yield gap diagnosis in the South African sugar belt. Field Crops Research. 143:143-150.
- Vázquez- Palacios, F. R. 2010. Impacto de los estilos de vida entre cafetaleros y cañeros en la vejez. Rev. Antropología Iberoamericana. 5(3):430-446.
- Waswa, F.; Netondo, G.; Maina, L.; Naisiko, T. and Wangamati, J. 2009. Potential of corporate social responsibility for poverty alleviation among contract sugarcane farmers in the Nzoia Sugarbelt, Western Kenya. J. Agric. Environ. Ethics. 22(5):463-475.
- Windle, J. and Rolfe, J. 2005. Diversification choices in agriculture: a choice modelling case study of sugarcane growers. Austr. J. Agric. Res. Econ. 49(1):63-74.