

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) IRRIGADA Y PRODUCIDA EN SISTEMAS ORGÁNICO Y CONVENCIONAL

ECONOMIC ANALYSIS OF SUGAR CANE (*Saccharum officinarum*) IRRIGATED AND PRODUCED IN ORGANIC AND CONVENTIONAL SYSTEMS

Walter D. Maradiaga-Rodriguez¹, Adão Wagner-Evangelista¹, José Alves-Júnior²,
Wilson Mozena-Leandro², Romel Bernardes-da Costa², Derblai Casaroli²

¹Sector de Ingeniería de Biosistemas, Escuela de Agronomía, Universidad Federal de Goiás-UFG, Goiânia-GO-Brasil. (maradiagawd@gmail.com). ²Profesor Sector de Ingeniería de Biosistemas, Escuela de Agronomía/UFG, Goiânia, Brasil.

RESUMEN

De acuerdo con el nuevo orden económico, los negocios agrícolas tienen la misma importancia y dinámica que los demás sectores de la economía, y exigen al productor una visión nueva de la administración de los negocios. Así, es necesario hacer un análisis económico de la actividad que se inicia, para conocer a detalle y utilizar con eficiencia y economía los factores de producción. El objetivo de este estudio fue analizar la viabilidad económica de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) irrigada y cultivada en sistemas de producción orgánica y convencional. El fertilizante orgánico utilizado fue vinaza y lithothamnium en cinco dosis y tres repeticiones, con un arreglo factorial de 5x5x2 de tratamientos, donde 5 es la dosis de vinaza y lithothamnium y 2 el manejo de irrigación (irrigado y no irrigado). Para estimar el costo de producción, conceptualizado como la suma de los valores de todos los recursos y operaciones en el proceso productivo de la actividad, se utilizó el cálculo de la depreciación y el costo alternativo. El sistema de producción de caña de azúcar irrigada y fertilizada con vinaza y lithothamnium se presentó como una opción económicamente viable. El costo de producción tuvo un valor presente líquido positivo por hectárea y fue 52 % mayor que el sistema convencional. La tasa interna de retorno fue 100 % mayor que la tasa mínima de rentabilidad comparado con el sistema tradicional; mientras que el período de recuperación del capital ocurre en 3 años menos que el sistema convencional. De la misma manera, los indicadores de eficiencia económica fueron todos favorables al sistema alternativo de producción orgánica.

ABSTRACT

Based on the new economic order, agricultural businesses have the same importance and dynamics than other sectors of the economy, and demand from the producer a new vision of business administration. Thus, it is necessary to perform an economic analysis of the activity that is beginning, in order to understand in detail and use efficiently and economically the production factors. The objective of this study was to analyze the economic viability of sugarcane (*Saccharum officinarum*) under irrigation and cultivated in organic and conventional production systems. The organic fertilizer used was vinasse and lithothamnium in five doses and three repetitions, with a 5x5x2 factorial arrangement of treatments, where 5 is the dose of vinasse and lithothamnium and 2 the irrigation management (irrigation and non-irrigation). In order to estimate the production cost, conceptualized as the sum of the values of all the resources and operations in the productive process of the activity, the calculation of depreciation and alternative cost was used. The sugarcane production system under irrigation and fertilized with vinasse and lithothamnium was found to be an economically viable option. The production cost had a positive liquid value per hectare and was 52 % higher than in the conventional system. The internal return rate was 100 % higher than the minimal profitability rate compared to the traditional system, while the recovery period of the capital happens in 3 years less than the conventional system. Likewise, the indicators of economic efficiency were all favorable in the alternative system of organic production.

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.
Recibido: diciembre, 2017. Aprobado: abril, 2018.
Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 53: 191-205. 2019.

Key words: lithothamnium, economic viability, vinasse, *Saccharum officinarum*.

Palabras clave: lithothamnium, viabilidad económica, vinaza, *Saccharum officinarum*.

INTRODUCCIÓN

Brazil es el productor mayor de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el mundo. La productividad baja es un tema que preocupa al sector sucroenergético debido al cultivo en suelos pobres que requieren dosis altas de fertilizantes para una producción constante durante el ciclo de cultivo (Araújo *et al.*, 2016). Las limitaciones de suelo, la irregularidad en los regímenes pluviales, la demanda de la sociedad por alimentos saludables y los costos altos de los fertilizantes, que representan cerca de 27 % del costo de producción de la caña de azúcar (Kaneko *et al.*, 2009), ha llevado a los productores a buscar otros sistemas de producción que posibiliten la sustitución o reducción de los fertilizantes químicos en las plantaciones.

El sistema de producción orgánico es una alternativa de producción atractiva para los agricultores, principalmente por la preferencia del consumidor final hacia productos obtenidos bajo este sistema. Según Delgado y Delgado (1999), el azúcar del tipo cristalizado producido en forma orgánica tiene una aceptación buena por los consumidores y agrega valor al producto.

La vinaza es un residuo del proceso de producción de alcohol, rica en K_2O , además de micronutrientes como Fe, Co, Zn y Mn (Almeida-Júnior *et al.*, 2011), y el lithothamnium es un producto derivado de algas marinas calcáreas en cuya composición química hay varios macro y micronutrientes, que favorecen las condiciones de fertilidad del suelo o potencializa el uso de otros fertilizantes por su acción correctiva de la acidez (Melo y Furtini Neto, 2003). El producto tiene resultados buenos en el desarrollo de plantas de maracuyá y papaya (Hafle *et al.*, 2009) y también de citromelo 'swingle' (Araújo *et al.*, 2007). Sin embargo, se conoce poco respecto de la fertilización en caña de azúcar con este fertilizante.

El éxito de un proyecto agrícola depende de una planificación adecuada de actividades para aumentar la productividad y minimizar los costos de producción (Kaneko *et al.*, 2009). Ante un aumento en los costos de producción, el primer camino para el productor es reducir la cantidad de fertilizantes aplicados al cultivo, aunque ésta no sea la alternativa mejor. En

INTRODUCTION

Brazil is the largest sugarcane (*Saccharum officinarum*) producer in the world. Low productivity is an issue that concerns the sugar-energy sector due to the cultivation in poor soils that require high doses of fertilizers for a constant production during the cultivation cycle (Araújo *et al.*, 2016). The limitations of the soil, the irregularity in rainfall regimes, the demand from society for healthy foods, and the high costs of fertilizers, which represent close to 27 % of the cost of sugarcane production (Kaneko *et al.*, 2009), have led producers to seek other production systems that make the substitution or reduction of chemical fertilizers in the plantations possible.

The organic production system is an attractive production alternative for farmers, mainly because of the preference of the final consumer for products obtained under this system. According to Delgado and Delgado (1999), crystallized sugar produced organically has good acceptance from consumers and adds value to the product.

Vinasse is a residue from alcohol production, rich in K_2O , in addition to micronutrients such as Fe, Co, Zn and Mn (Almeida-Júnior *et al.*, 2011), and lithothamnium is a product derived from calcareous seaweed with a chemical composition including several macro and micro nutrients which favor the conditions of soil fertility or reinforce the use of other fertilizers due to their corrective action of acidity (Melo and Furtini Neto, 2003). The product has good results in the development of passion fruit and papaya plants (Hafle *et al.*, 2009), and also of 'swingle' citromelo (Araújo *et al.*, 2007). However, little is known concerning the fertilization of sugarcane with this fertilizer.

The success of an agricultural project depends on an adequate planning of activities to increase productivity and minimize production costs (Kaneko *et al.*, 2009). Facing an increase in production costs, the first path for the producer is to reduce the amount of fertilizers applied to the crop, even when this is not the best alternative. In this situation, the use of byproducts generated from the sugarcane industrial process can make a difference in production.

Given that the use of irrigation and organic fertilization in sugarcane can increase the productivity and quality of the product harvested in relation to the

esta situación, el uso de subproductos generados del proceso industrial de la caña de azúcar puede hacer la diferencia en la producción.

Dado que el uso de irrigación y fertilización orgánica en caña de azúcar puede aumentar la productividad y calidad del producto cosechado en relación al cultivo convencional, el objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad económica de producir caña de azúcar irrigada y cultivada en los sistemas orgánico y convencional en la Región del Cerrado brasileño. La hipótesis fue que el uso de vinaza y lithothamnium e irrigación plena, en caña de azúcar es una alternativa técnica y económica viable para el sector.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar económicamente el sistema de producción de caña de azúcar irrigada y fertilizada con vinaza y lithothamnium se utilizaron datos de productividad de un experimento realizado en el área experimental de la Escuela de Agronomía de la Universidad Federal de Goiás (UFG), en Goiânia, GO, y también informaciones técnicas del cultivo de caña de azúcar producida sobre sistema convencional en la misma región. La ciudad de Goiânia se localiza entre 16° 35 S y 49° 16 O. Según la clasificación climática de Koppen, el clima de la región es Aw, con temperatura media anual de 23 °C, humedad relativa 70 % y precipitación 1.498 mm.

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones en un arreglo factorial (5x5x2). Los tratamientos correspondieron a cinco dosis de vinaza (0, 165, 330, 495 y 660 m³ ha⁻¹, cinco dosis de lithothamnium (0, 100, 200, 300 y 400 kg ha⁻¹) y dos manejos de irrigación: irrigado y no irrigado. La dosis máxima de vinaza aplicada (660 m³ ha⁻¹) se determinó según la norma técnica P4. 231 Dez/2006 de la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental del estado de São Paulo (Klein *et al.*, 2008).

La variedad de caña de azúcar utilizada fue RB867515 (caña planta), con riego aplicado con sistema por goteo y el manejo realizado de acuerdo al contenido de humedad del suelo, este último determinado con sensores tipo watermark. A los 540 d después de plantar, se realizó el corte manual de las plantas para evaluar el azúcar total recuperable (ATR) expresado en t ha⁻¹, además de la productividad de la caña por hectárea (TCH). Para estimar la productividad por hectárea se contabilizaron todos los cormos por parcela experimental y luego se obtuvo la masa y se estimó la productividad por hectárea. Para calcular el porcentaje de azúcar total recuperable (ATR), se usó la metodología del sistema de pago del consejo de productores de caña de azúcar de Brasil (CONSECANA, 2012). Para el análisis del sistema de

conventional cultivation, the objective of this study was to evaluate the economic viability of producing sugarcane under irrigation and cultivated in organic and conventional systems in the region of Cerrado, Brazil. The hypothesis was that the use of vinasse and lithothamnium and full irrigation on sugarcane is a technically and economically viable alternative for the sector.

MATERIALS AND METHODS

To evaluate economically the sugarcane production system under irrigation and fertilized with vinasse and lithothamnium, productivity data were used from an experiment carried out in the experimental area of the Agronomy School of the Universidade Federal de Goiás (UFG), in Goiânia, GO, and also technical information from the sugarcane crop produced in a conventional system in the same region. The city of Goiânia is located between 16° 35 S and 49° 16 W. According to the Koppen climate classification, the climate in the region is Aw, with mean annual temperature of 23 °C, relative humidity 70 % and precipitation 1 498 mm.

The experimental design was completely random with three repetitions in a factorial arrangement (5x5x2). The treatments corresponded to five doses of vinasse (0, 165, 330, 495 and 660 m³ ha⁻¹), five doses of lithothamnium (0, 100, 200, 300 and 400 kg ha⁻¹) and two irrigation managements: irrigation and non-irrigation. The maximum dose of vinasse applied (660 m³ ha⁻¹) was defined based on the technical norm P4. 231 Dez/2006 from the Company of Environmental Sanitation Technology in the state of São Paulo (Klein *et al.*, 2008).

The sugarcane variety used was RB867515 (cane plant), with irrigation applied with a drip system and the management carried out according to the moisture content of the soil, the latter determined by watermark type sensors. After 540 d of planting, the manual cutting of plants was performed to evaluate the total recoverable sugar (TRS) expressed in t ha⁻¹, in addition to the sugarcane productivity per hectare (SPH). In order to estimate the productivity per hectare, all the corms were counted per experimental plot, and then the mass was obtained and the productivity per hectare was estimated. To calculate the total recoverable sugar (TRS) percentage, the methodology of payments system was used from Brazil's sugarcane producers' council (CONSECANA, 2012). For the analysis of the conventional production system, mean technical coefficients from the production system were adopted, based on information from institutions related to the Ministry of Agriculture of the state of Goiás.

producción convencional se adoptaron coeficientes técnicos medios del sistema de producción, de acuerdo con informaciones provenientes de instituciones relacionadas a la Secretaría de Agricultura del estado de Goiás.

Análisis estadístico

Con los datos se realizó un ANDEVA y cuando hubo diferencia significativa entre los tratamientos para el factor de irrigación, se usó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los datos de fertilización se analizaron con regresión polinomial. A partir de la primera derivada de las ecuaciones ajustadas, se determinó la dosis necesaria para alcanzar la producción de máxima eficiencia física de la caña de azúcar.

Consideraciones sobre la estimación del costo de producción

Para estimar el costo de producción se utilizaron valores en US\$ con base en esta información: área de 70 ha irrigada por goteo con características de tercerización de servicios, longevidad del cultivo de seis años para ambos sistemas, con renovación total posterior a ese período, y reducción de la productividad en 15 % cada año. Una proyección de 30 años se consideró en la estimación del costo de producción. Los coeficientes adoptados se obtuvieron de publicaciones técnicas de la Confederación Agrícola y Pecuaria de Brasil (CNA, 2016) y la Federación Agrícola y Pecuaria de Goiás (FAEG, 2016), además de publicaciones técnicas del sector sucroenergético de la Región Centro Sur durante la zafra 2015-2016, entre las cuales se destaca la Organización de Plantadores de Caña de la Región Centro Sur de Brasil (ORPLANA), Asociación de productores de caña de Brasil (ASSOCANA).

Para los componentes no disponibles comercialmente como compuesto orgánico, vinaza, torta de filtro, costo de transporte de la vinaza y costo de fertirrigación, se adoptaron costos medios basados en publicaciones técnicas de las instituciones relacionadas al sector agropecuario. Para fines de simplificación del sistema de producción orgánico se adoptó un costo medio de fertirrigación con vinaza de US\$ 1.71 m⁻³ aplicado. Para la torta de filtro y lithothamnium se adoptó un costo unitario por tonelada de US\$ 16.77 y US\$ 343.0, respectivamente.

El criterio adoptado para la corrección de valores fue el precio único: se sumaron las cantidades utilizadas durante el año y el resultado se multiplicó por el precio vigente en una fecha determinada. Para este estudio se consideró, para la producción convencional y la orgánica, el precio medio de julio de 2016, que fue US\$ 20.0 y US\$ 25.0 por t de caña, respectivamente (UNICA, 2016).

Statistical analysis

ANOVA was carried out with the data and the Tukey test was used ($p \leq 0.05$) when there was a significant difference between the treatments for the irrigation factor. The fertilization data were analyzed with polynomial regression. Stemming from the first derivative of the adjusted equations, the dose necessary to reach the production of maximum physical efficiency of sugarcane was defined.

Considerations about the estimation of production cost

In order to estimate the production cost, values in US\$ were used based on this information: area of 70 ha drip irrigated with characteristics of service outsourcing, longevity of the crop of six years for both systems, with total renovation after this period, and productivity reduction of 15 % each year. A projection of 30 years was considered in the estimation of the production cost. The coefficients adopted were obtained from technical publications by the Agriculture and Livestock Confederation of Brazil (CAN, 2016) and the Agriculture and Livestock Federation of Goiás (FAEG, 2016), in addition to technical publications from the sugar-energy sector of the Center-South Region during the 2015-2016 sugar harvest, among which the Organization of Sugarcane Growers of the Center-South Center of Brazil (ORPLANA) and the Association of Sugarcane Producers of Brazil (ASSOCANA) stand out.

For the components that are not commercially available such as organic compound, vinasse, filter cake, cost of transport of the vinasse and cost of fertigation, mean costs were adopted based on technical publications from institutions related to the agriculture and livestock sector. For the aims of simplification of the organic production system, a mean cost for fertigation with vinasse of US\$ 1.71 m⁻³ applied was adopted. For the filter cake and lithothamnium, a unitary cost per t of US\$ 16.77 and US\$ 343.0 were adopted, respectively.

The criterion adopted for the correction of values was the unique price: the amounts used during the year were added and the result was multiplied by the current price in a specific date. For this study, an average price from July 2016 was considered, of US\$ 20.0 and US\$ 25.0 per t of sugarcane, respectively (UNICA, 2016).

Theoretical and analysis model

The cost theory is the economic analysis model used in this study and it is based on the concepts of costs presented by Lanna and Reis, and Lerdon *et al.* (2015).

Modelo teórico y de análisis

La teoría de costo es el modelo de análisis económico de este estudio y se fundamentó en los conceptos de costos presentados por Lanna y Reis (2012) y Lerdon *et al.* (2015).

Para el sistema de producción convencional, caracterizado como el sistema regional predominante entre los agricultores, se adoptaron coeficientes técnicos medios de acuerdo con indicaciones de la Organización de Plantadores de Caña de la Región Centro Sur de Brasil (ORPLANA), Asociación de productores de caña de Brasil (ASSOCANA); estos organismos están relacionados con la Secretaría de Agricultura del Estado de Goiás (FAEG, 2016).

En ambos sistemas de producción, el costo de producción por hectárea se calculó y el costo operacional efectivo (COE) incluyó todos los costos del ciclo productivo (costos fijos y variables), entre los cuales destacan las operaciones agrícolas, donde se cuantificó el número de horas de trabajo invertidas por categoría de mano de obra, tractor, o equipamientos involucrados en la operación, carga y transporte de la caña. Respecto a los insumos para la producción se obtuvieron los costos, medidos en dólar por ha (US\$ ha⁻¹), de los insumos usados en el proceso de producción, propios o adquiridos por el productor (fertilizantes, análisis de suelo, cal agrícola, fertilizante químico, fertilizante orgánico, fungicidas, insecticida, herbicida, instalación del sistema de irrigación, gasto de energía eléctrica y costo de mano de obra para los operadores de máquinas y para el proceso productivo). Y el costo total (CT) incluyó el costo operativo efectivo (COE) + costo de oportunidad de la tierra y del capital invertido en la implantación del cultivo, equipamientos de irrigación y fertirrigación.

El costo alternativo para cada uno de los recursos del costo fijo fue 11 % anual, y los indicadores físicos y financieros en ambos sistemas contemplaron parte de la cadena productiva considerando sólo los costos relacionados al campo de la producción.

Análisis económico simplificado

Para el análisis de la viabilidad económica de la inversión se elaboró un flujo de caja que considera los valores de entradas y salidas de los recursos y productos. A partir del flujo de caja se determinaron, en función de los conceptos de costos propuestos por Lanna y Reis (2012) y Lerdon *et al.* (2015), el Indicador de rentabilidad, Valor presente líquido (VPL), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de recuperación del capital.

Además, se estimó el índice de rentabilidad medio (IR_m) calculado mediante la razón entre el ingreso bruto y el costo operacional total (CopT) durante los 30 años de inversión. Mientras que el punto de equilibrio (q_n) que indica el nivel de producción

For the conventional production system, characterized as the predominant regional system among farmers, mean technical coefficients were adopted according to indicators by the Organization of Sugarcane Growers of the Central-South Region of Brazil (ORPLANA) and the Association of Sugarcane Producers of Brazil (ASSOCANA); these organizations are related to the Ministry of Agriculture in the State of Goiás (FAEG, 2016).

In both production systems, the production cost per hectare was calculated and the effective operational cost (EOC) included all the costs of the productive cycle (fixed and variable costs), among which agricultural operations stand out, where the number of work hours invested were quantified by category of labor, tractor or equipment involved in the operation, load and transport of sugarcane. Regarding the inputs for production, the costs measured in dollar per hectare (US\$ ha⁻¹) were obtained, of inputs used in the production process (fertilizers, soil analysis, farming lime, organic fertilizer, fungicides, insecticides, herbicides, installation of the irrigation system, expenditure of electric energy, and cost of labor of machine operators and for the productive process), whether purchased by the producer or of their own. And the total cost (TC) included the effective operative cost (EOC) + cost of opportunity of the land and the capital invested in planting the crops, irrigation equipment, and fertigation.

The alternative cost for each one of the resources of fixed cost was 11 % annually, and the physical and financial indicators in both systems contemplated part of the productive chain considering only the costs related to the production field.

Simplified economic analysis

A cash flow that considers the values of entries and exits of resources and products was elaborated for the analysis of economic viability of the investment. From the cash flow, the following were defined in function of the concepts of costs proposed by Lanna and Reis (2012) and Lerdon *et al.* (2015): Indicator of profitability, Liquid present value (LPV), Internal Return Rate (IRR) and Period of capital recovery.

In addition, the average profitability index (IR_m) was estimated, calculated through the rate between the gross income and total operational cost (CopT) during the 30 years of investment. Meanwhile, the equilibrium point (q_n) indicating the production level at which an activity has a total cost equal to the total income was estimated with equation (1):

$$q_n = \frac{CFT}{IME - CVMe} \quad (1)$$

en el cual una actividad tiene el costo total igual al ingreso total, se estimó con la ecuación (1):

$$qn = \frac{CFT}{IMe - CVMe} \quad (1)$$

donde CFT: costo fijo total (US\$), IMe: ingreso medio (US\$), CVMe: costo variable medio (US\$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La interacción entre la irrigación y las dosis de lithothamnium y vinaza fue significativa sobre la productividad y ATR. Plantas irrigadas y fertilizadas con 150 kg ha⁻¹ de lithothamnium y 311 m³ ha⁻¹ de vinaza fueron determinantes para alcanzar el ATR máximo acumulado en los tallos (Figura 1b).

Respecto a la productividad hubo efecto significativo de la interacción entre los tres factores de evaluación. Plantas irrigadas y fertilizadas con 187.96 kg ha⁻¹ de lithothamnium y 326 m³ ha⁻¹ de vinaza, presentaron productividad de tallos (TCH) de 105 t ha⁻¹ (Figura 1a).

where CFT: total fixed cost (US\$), IMe: mean income (US\$), CVMe: mean variable cost (US\$).

RESULTS AND DISCUSSION

The interaction between irrigation and the doses of lithothamnium and vinasse was significant on the productivity and TRS. Irrigated and fertilized plants with 150 kg ha⁻¹ of lithothamnium and 311 m³ ha⁻¹ of vinasse were decisive to reach the maximum TRS accumulated in the stems (Figure 1b).

Regarding the productivity, there was a significant effect of the interaction between the three evaluation factors. Irrigated and fertilized plants with 187.96 kg ha⁻¹ of lithothamnium and 326 m³ ha⁻¹ of vinasse presented stem productivity (SPH) of 105 t ha⁻¹ (Figure 1a).

The positive effect of irrigation on the productivity and technological characteristics of sugarcane is probably caused by the availability of water throughout the phenological cycle of the crop. During the experiment there were periods without rain in the budding, initial growth, intermediate, and end stages of sugarcane, which probably damaged

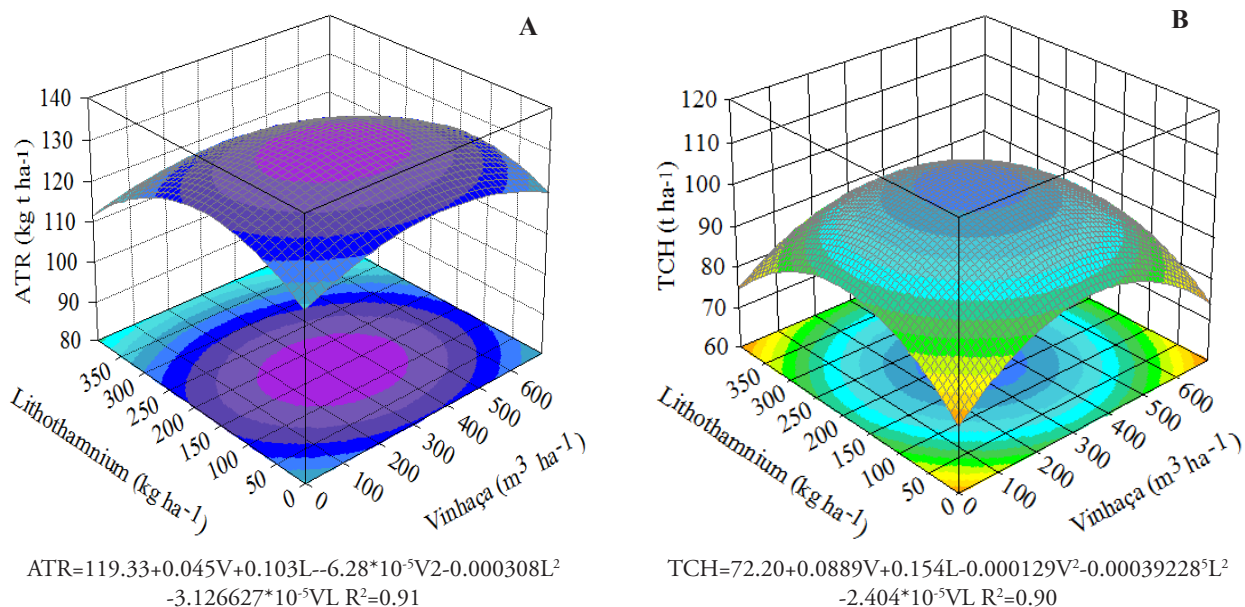


Figura 1. Variación de la productividad y acúmulo de ATR de la caña de azúcar en función de la aplicación de diferentes dosis de vinaza y lithothamnium.

Figure 1. Variation of productivity and ATR accumulation of sugarcane in function of the application of different doses of vinasse and lithothamnium.

El efecto positivo de la irrigación sobre la productividad y características tecnológicas de la caña de azúcar es causado probablemente por la disponibilidad de agua a lo largo del ciclo fenológico del cultivo. Durante el experimento hubo periodos sin lluvia en las etapas de brotación, crecimiento inicial, intermedio y final de la caña de azúcar, que probablemente perjudicó la productividad de tallos en los tratamientos no irrigados.

El efecto de la vinaza en la productividad puede deberse a la presencia de K_2O en la vinaza. El K es un nutriente esencial para el desarrollo de las plantas porque participa en la regulación osmótica y está involucrada en el cierre y apertura de estomas, proceso fundamental para la captación de CO_2 (Almeida-Júnior *et al.*, 2011). El efecto positivo del lithothamnium se puede atribuir a la presencia de calcio neutro con formación de quelatos contribuyendo así a aumentar la absorción de este nutriente por la planta (Evangelista *et al.*, 2015). La presencia del calcio contribuye en la formación de las paredes celulares, la neutralización de los ácidos orgánicos, la resistencia de los tejidos y el desarrollo del sistema radicular (Malavolta, 2006). Otro factor que probablemente favoreció al acumulo y recuperación de sacarosa, fue la interrupción de la irrigación 30 d antes de la cosecha porque esta práctica induce la conversión de azúcares reductores en sacarosa (Segato *et al.*, 2006).

Costo de producción

Los costos variables presentaron mayor participación (65 %) en el costo total de producción de la caña de azúcar, y la participación del costo fijo fue 35 % para ambos sistemas de producción (Cuadro 1). El componente con mayor participación en el costo fijo para ambos sistemas de producción fue el arrendamiento de tierra y gastos relacionados al establecimiento del cultivo, mientras que los conceptos de insumos y cosecha mecanizada presentaron mayor participación en la formación del costo variable general.

En porcentaje, la variable arrendamiento de tierra presentó un mayor incremento. Esto se debe a la expansión que tuvo el cultivo en los años recientes en la región para atender la cantidad demandada por materia prima de las destilerías e ingenios del sector (Simões *et al.*, 2010). Según la Confederación de Agricultura de Brasil (CNA, 2016), la demanda por tierras para

the productivity of stems in the non-irrigation treatments.

The effect of vinasse on productivity can be due to the presence of K_2O in vinasse. K is an essential nutrient for the development of the plants because it participates in osmotic regulation and is involved in the closing and opening of stomata, fundamental process for the capture of CO_2 (Almeida-Júnior *et al.*, 2011). The positive effect of lithothamnium can be attributed to the presence of neutral calcium with formation of chelates, thus contributing to increase the absorption of this nutrient by the plant (Evangelista *et al.*, 2015). The presence of calcium contributes to the formation of cell walls, the neutralization of organic acids, the resistance of tissues, and the development of the root system (Malavolta, 2006). Another factor that probably favored the accumulation and recovery of sucrose was the interruption of irrigation 30 d before the harvest, because this practice induces the conversion of reducing sugars into sucrose (Segato *et al.*, 2006).

Production cost

The variable costs presented greater participation (65 %) in the total production cost of sugarcane, and the participation of fixed cost was 35 % for both production systems (Table 1). The component with highest participation in the fixed cost for both production systems was land leasing and expenses related to the establishment of the crop, while the concepts of inputs and mechanized harvest presented higher participation in the formation of the general variable cost.

In percentage, the variable of land leasing presented a greater increase. This is due to the expansion of the crop in recent years in the region, to deal with the amount demanded for prime material from the distilleries and mills of the sector (Simões *et al.*, 2010). According to Brazil's Agriculture Confederation (CNA, 2016), the demand for lands for sugarcane cultivation, primarily in the areas near the industrial units, where it is possible to use vinasse from the distilleries for fertilization, increased the leasing value from 10 to 15 sacks of soy per hectare (payment method for land leasing). Another phenomenon that favored the increase in the value of land leasing was the emergence of vehicles with flexible fuel at the beginning of the decade of 2000, which increased the

Cuadro 1. |Media de costos y participación porcentual de los diversos factores (US\$ ha⁻¹), producida sobre sistema convencional y orgánico[†].**Table 1. Mean of costs and percentage participation of the different factors (US\$ ha⁻¹), produced in a conventional and organic system[†].**

Costos	Convencional		Orgánico	
	Valor (US\$)	%	Valor (US\$)	%
Arrendamiento de la tierra	281.4	17.9	281.4	19.6
Establecimiento del cultivo	212.8	13.6	197.4	13.7
Sistema de irrigación	3.7	0.2	3.7	0.3
Arrendamiento de maquinas e implementos	45.4	2.9	19.2	1.3
Impuesto territorial rural (ITR)	0.035	0.002	0.035	0.002
Costo fijo total	543.3	34.6	501.8	34.9
Insumos	358.0	22.1	311.6	21.7
Mano de obra	45.0	2.9	51.8	3.6
Cosecha mecanizada	397.1	25.3	348.0	24.2
Energía eléctrica	88.6	5.6	88.6	6.2
Gastos generales	44.7	2.8	41.7	2.9
Subtotal CopVt	933.4	58.9	841.7	58.6
Costo alternativo	102.7	6.5	92.6	6.4
Costo variable total	1.036.1	65.4	934.3	65.1
Costo total (CT)	1579.4	100.0	1436.1	100.0
Productividad (t ha ⁻¹)	97.0		85.0	
Ingreso total	1940.0		2185.7	
Ganancia/Pérdida	360.6		749.7	

[†]Valores en dólares americanos (actualizado en junio 2016; 1 dólar = 3.50 reales) ♦ Values in US dollars (updated in June 2016; 1 dollar = 3.50 BR reales).

el cultivo de caña, principalmente en las áreas próximas a las unidades industriales, donde es posible utilizar vinaza de las destilerías para fertilización, aumentó el valor del arrendamiento desde 10 a 15 sacos de soya por hectárea (método de pago del arrendamiento de la tierra). Otro fenómeno que favoreció al aumento en el valor de arrendamiento de la tierra, fue el surgimiento de los vehículos con combustible flexible en el inicio de la década del 2000, lo cual aumentó la demanda potencial del etanol (Simões *et al.*, 2010). Esta innovación tecnológica, aliada al contexto favorable de buscar alternativas renovables para substituir los combustibles fósiles, también incentivó la expansión de los cañales en la región del Cerrado y en paralelo aumentó la demanda por el uso de la tierra (Simões *et al.*, 2010). El costo por insumos presentó mayor participación en el costo total para producción convencional, comparado con el sistema de producción orgánica. La reducción de los costos con insumos en el sistema de producción orgánica se puede explicar por la eliminación o sustitución de insumos sintéticos, como fertilizantes o agroquímicos provenientes de indus-

potential demand for ethanol (Simões *et al.*, 2010). This technological innovation, together with the favorable context of seeking renewable alternatives to substitute fossil fuels, also strengthened the expansion of sugarcane plantations in the region of Cerrado and, in parallel, increased the demand for the use of land (Simões *et al.*, 2010).

The cost for inputs presented higher participation in the total cost for conventional production, compared to the organic production system. The reduction of costs with inputs in the organic production system can be explained from the elimination or substitution of synthetic inputs, such as fertilizers or agrichemicals from industries, by natural inputs, most times byproducts from the production system itself.

When comparing the cost of inputs between the two alternatives of production, it was verified that in organic fertilization it decreased by 0.4 %, compared to the conventional system, while in the organic system the cost for labor was 4 % higher than in the conventional system.

trias, por insumos naturales, en la mayoría de veces coproductos del mismo sistema de producción.

Al comparar el costo de insumos entre las dos alternativas de producción se verificó que en la fertilización orgánica se redujo 0.4 %, respecto al sistema convencional, mientras que en el sistema orgánico el costo por mano de obra fue 4 % mayor que el sistema convencional.

Los gastos de cosecha en el sistema orgánico y convencional fueron, respectivamente, 24.2 % y 25.3 % del costo total, mientras que el costo con la irrigación representó 0.2 % y 0.3 % en los dos sistemas de producción. La reducción de los costos en la cosecha mecanizada en el sistema de producción orgánica, puede ser explicada por la menor productividad media obtenida en el sistema (85 t ha⁻¹) en comparación al sistema convencional (97 t ha⁻¹), aunque el costo de la cosecha mecanizada por hectárea sea igual en ambos sistemas de producción. El aumento porcentual del costo de irrigación en el sistema de producción orgánico se debe a la confección general del costo de producción. En el Cuadro 1 se muestra que el costo de la irrigación es igual para los dos sistemas de producción.

Análisis económico simplificado

El costo total medio por tonelada de caña azúcar para el sistema convencional fue US\$ 16.28 y US\$ 16.89 para el orgánico, lo que representa una reducción de 4 % a favor del sistema de producción convencional (Cuadro 2). Esto indica mayor posibilidad de que los costos del emprendimiento del sistema convencional sean pagados por el ingreso generado con la venta de las unidades producidas (Lanna y Reis, 2012). Para las dos situaciones, el precio recibido de US\$ 20 y US\$ 25 por t de caña, es superior a los costos anuales de producción.

Los costos variables medios para el sistema orgánico fueron 3 % mayor respecto al sistema convencional. Lo anterior se puede deber a la menor productividad media obtenida en el sistema de producción orgánica (85 t ha⁻¹) comparado con el sistema convencional (97 t ha⁻¹), por lo cual aumentó el costo variable total. La misma tendencia se verificó para los costos fijos medios. El costo operativo total medio (CopTMe) también fue mayor en el sistema de producción orgánico, debido principalmente al aumento del costo de la mano de obra requerida en

The harvest expenses in the organic and conventional system were, respectively, 24.2 % and 25.3 % of the total cost, while the cost with irrigation represented 0.2 % and 0.3 % in the two production systems. The reduction of costs in the mechanized harvest in the organic production system can be explained by the lower mean productivity obtained in the system (85 t ha⁻¹) compared to the conventional system (97 t ha⁻¹), even when the cost of mechanized harvest per hectare is equal in both production systems. The percentage increase of the irrigation cost in the organic production system is due to the general confection of the production cost. Table 1 shows that the cost of irrigation is equal for the two production systems.

Simplified economic analysis

The mean total cost per t of sugarcane for the conventional system was US\$ 16.28 and it was US\$ 16.89 for the organic, representing a reduction of 4 % in favor of the conventional production system (Table 2). This indicates a higher possibility for the costs of implementing the conventional system to be paid by the income generated with the sale of the units produced (Lanna and Reis, 2012). For the two situations, the price received of US\$ 20 and US\$ 25 per t of sugarcane, is higher than the annual production costs.

The mean variable costs for the organic system were 3 % higher compared to the conventional system. This can be because of the lower mean productivity obtained in the organic production system (85 t ha⁻¹) compared to the conventional system (97 t ha⁻¹), which is why the total variable cost increased. The same tendency was verified for the mean fixed costs. The total mean operative cost (CopTMe) was also higher in the organic production system, due mainly to the increase in the cost of labor required in this system, compared to the conventional production system. It is important to highlight that if the producer were to use technologies to increase productivity, the unitary cost per t of sugarcane would be lower and, as consequence, the producer's profit margin would increase. In addition, it should be highlighted that in order to obtain a more competitive and profitable agricultural exploitation, the adoption of efficient irrigation management and the use of fertilization techniques with their own irrigation system can be

Cuadro 2. Costos económicos y operacionales medios (US\$) para 1 t ha⁻¹ de caña de azúcar producida sobre sistema convencional y orgánico.**Table 2. Mean economic and operational costs (US\$) for 1 t ha⁻¹ of sugarcane produced in conventional and organic system.**

Sistema producción	CFMe [†]	CVMe [‡]	CTMe [§]	CopFme [¶]	CopVMe [‡]	CopTMe ^{††}
Convencional	5.60	10.68	16.28	2.46	9.62	12.09
Orgánico	5.90	10.99	16.89	2.34	9.90	12.25

[†]Costo fijo medio; [‡]costo variable medio; [§]costo total medio; [¶]costo operativo fijo medio; [‡]costo operativo variable medio; ^{††}costo operativo total medio ♦ [†]Mean fixed cost; [‡]Mean variable cost; [§]Mean total cost; [¶]Mean fixed operative cost; [‡]Mean variable operative cost; ^{††}Mean total operative cost.

ese sistema, comparado con el sistema de producción convencional. Es importante destacar que si el productor usara tecnologías que aumenten la productividad, el costo unitario por tonelada de caña de azúcar menor y, en consecuencia, aumentará el margen de ganancia del productor. Además, se debe resaltar que para obtener una explotación agrícola más competitiva y rentable, la adopción de manejo de irrigación eficiente y el uso de técnicas de fertilización utilizando el propio sistema de irrigación, puede ser una excelente alternativa. Además de esta técnica, la utilización de variedades con mayor respuesta riego y fertilización, y adaptadas a las condiciones de clima y suelo del cerrado brasileño, pueden lograr que esta actividad sea más rentable y competitiva.

Los resultados indican que al adoptar el sistema orgánico el residuo sería positivo (precio >CTMe>CopTMe), pues el costo alternativo del capital invertido en la actividad es reembolsado, además de pagar todos los recursos operacionales fijos y variables aplicados en el cultivo. En esta situación, la tendencia a medio y largo plazos sería de expansión lo que traería como consecuencia la entrada de nuevas empresas a la actividad, atrayendo inversión competitiva. En la Región del Cerrado Goyano algunos productores encuentran dificultades para obtener la certificación del producto y, además, el tiempo sin aplicar insumos agrícolas al suelo para garantizar un cultivo orgánico es bastante prolongado, todo lo cual quita el estímulo al productor (Souza y Costa 2013). En el caso hipotético de que el precio por tonelada de caña sea menor a US\$ 16.28 y la productividad menor que 34 t ha⁻¹, la actividad no reembolsaría el costo total por ha, lo cual llevaría al productor a salir de la actividad o solicitar subsidio, en caso que

an excellent alternative. In addition to this technique, the use of varieties with higher irrigation response and fertilization, and adapted to the climate and soil conditions of the Brazilian Cerrado, can make this activity more profitable and competitive.

The results indicate that when adopting the organic system, the residue would be positive (price >CTMe>CopTMe), since the alternative cost of the capital invested in the activity is reimbursed, in addition to paying all the fixed and variable operative resources applied in the crop. In this situation, the trend in the medium and long term would be to expand, which would have as consequence the entry of new businesses to the activity, thus attracting competitive investment. In the Region of the Cerrado Goyano some producers find difficulties in obtaining the certification of the product and, in addition, the time without applying agricultural inputs to the soil to ensure an organic crop is rather prolonged, all of which takes the stimulus away from the producer (Souza and Costa, 2013). In the hypothetical case that the price per t of sugarcane is lower than US\$ 16.28 and the productivity lower than 34 t ha⁻¹, the activity would not reimburse the total cost per ha, which would lead the producer to leave the activity or request subsidy, in the case that there is a public policy to encourage investment in agricultural enterprises.

A similar situation was verified for the conventional production system, with reimbursement of the alternative cost of the capital invested in the activity, in addition to paying all the fixed and variable operational resources in the plot. The trend in the short and medium term for the producer is to remain in the activity and, if such a situation

exista una política pública que incentive la inversión de emprendimientos agrícolas.

Una situación similar se verificó para el sistema de producción convencional, con reembolso del costo alternativo del capital invertido en la actividad, además de pagar todos los recursos operacionales fijos y variables aplicados en la parcela. La tendencia a corto y mediano plazos para el productor es permanecer en la actividad y, si persiste tal situación en el largo plazo, el productor puede buscar otras alternativas de aplicación de capital como, por ejemplo, implementar el sistema de producción convencional y orgánico que permita mantener la productividad y aumentar los ingresos con el valor pagado por el producto orgánico.

Punto de equilibrio

La producción mínima verificada en los sistemas de producción convencional y orgánica para no tener pérdida económica fue 58 y 34 t ha⁻¹, respectivamente. Al considerar la productividad media anual, durante seis años de cosecha en la caña de azúcar cultivada en forma convencional en la región del cerrado brasileño y la productividad alcanzada en este experimento (85 t ha⁻¹), en ambos sistemas el agricultor tendría ganancias con el emprendimiento (Figura 2). El lucro anual por ha en 30 años de inversión sería US\$ 361 para el sistema convencional y US\$ 750 para el sistema orgánico (Cuadro 2).

persists in the long term, the producer can seek other alternatives of application of the capital such as, for example, implementing the conventional and organic production system that allows maintaining the productivity and increasing the income with the value paid by the organic product.

Equilibrium point

The minimum production verified in the conventional and organic production systems to avoid having economic loss was 58 and 34 t ha⁻¹, respectively. When considering the mean annual productivity, during six years of sugarcane harvest cultivated conventionally in the region of the Brazilian Cerrado and the productivity reached in this experiment (85 t ha⁻¹), in both systems the farmer would have earnings with the enterprise (Figure 2). The annual profit per ha in 30 years of investment would be US\$ 361 for the conventional system and US\$ 750 for the organic system (Table 2).

With these results, the importance of producers having access to qualified information about the market is verified, and for them to seek advice for the product commercialization. In addition, the difference in costs shows that it is relevant to adopt the strategic decision of searching for technological innovations in the agricultural production system to reduce costs, primarily because the projections of the agroindustrial production costs of the sugar-

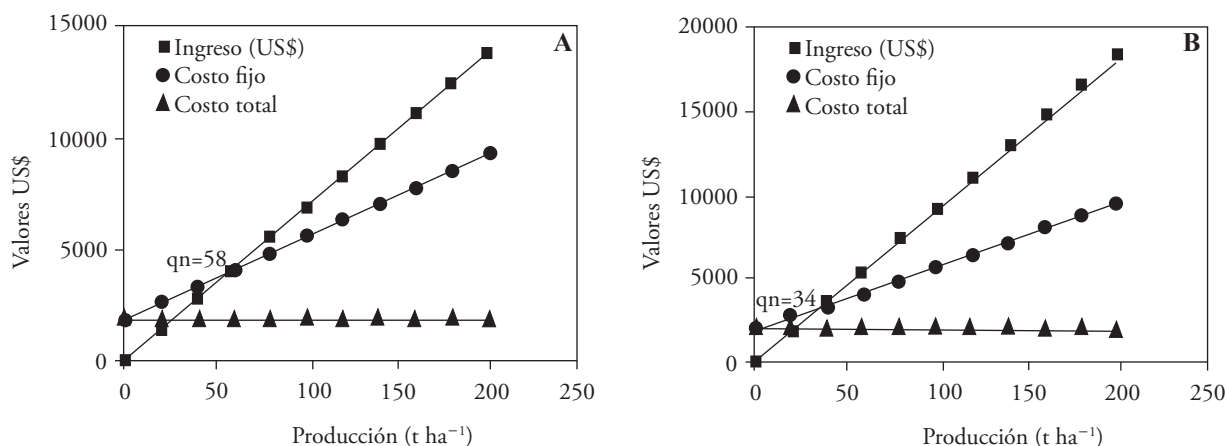


Figura 2. Punto de equilibrio (qn), de la producción de caña de azúcar producida sobre sistema convencional (A) y orgánico (B) en treinta años de inversión.

Figure 2. Equilibrium point (qn) of the sugarcane production produced in a conventional (A) and organic (B) system in thirty years of investment.

Con estos resultados se verifica la importancia de que los productores tengan acceso a la información calificada sobre el mercado y busquen asesoría para la comercialización del producto. Además, la diferencia en costos muestra que es relevante adoptar la decisión estratégica de buscar innovaciones tecnológicas en el sistema de producción agrícola para reducir costos, principalmente porque las proyecciones de costos de producción agroindustrial del sector sucroenergético han aumentado en años recientes. Unas proyecciones de la Confederación Agrícola y Pecuaria (CNA, 2016) indican que las variaciones más relevantes para la zafra 2015/2016 aumentaron en 8 % los salarios del personal de campo, 11.19 % en el costo del diésel, y 7.1 % en el costo de corte y transporte. Todos los indicadores citados contribuyen al aumento de los costos de producción; por tanto, el productor debe adoptar estrategias en su sistema agrícola para reducir sus costos.

Análisis financiero

En ambos sistemas de producción, el valor presente líquido por ha fue positivo en los 30 años de inversión, destacando el sistema orgánico con valor de US\$ 750.00, mientras que el sistema convencional fue US\$ 361.00. Los resultados muestran que el sistema de producción orgánico presentó mayor viabilidad con una tasa de descuento de 11 % al año, y la ganancia para el empresario rural fue de 52 %, comparado con el sistema convencional. Además, debe destacarse que producir un producto con preservación ambiental, mejora su calidad y aceptación por los consumidores finales. Otro factor que benefició al sistema de producción orgánica, para aumentar el valor presente líquido por ha, fue el precio por t de caña de azúcar producida, que es 10 % a 20% mayor que el precio de t de azúcar producida con el sistema convencional (CNA, 2016).

Los resultados de la Tasa Interna de Retorno (TIR), que representa la tasa de retorno de la inversión en la que el VPL se iguala a cero, indica que el sistema de producción orgánico y convencional constituyen alternativas de inversión viables, con valores de 34 % y 17 % respectivamente, superando a la tasa de descuento requerida de 11 % al año.

Si hubiera una política pública que incentive a los empresarios agrícolas a permanecer en la actividad de caña de azúcar o para atraer nuevos emprendedores,

energy sector have increased in recent years. Some projections from the Agriculture and Livestock Confederation (CNA, 2016) indicate that the most relevant variations for the sugar harvest 2015/2016 increased by 8 % the salaries of the field staff, 11.19 % in the cost of diesel, and 7.1 % in the cost of cutting and transport. All the indicators cited contributed to the increase in production costs; therefore, producers must adopt strategies in their agricultural system to reduce their costs.

Financial analysis

In both production systems, the liquid present value per ha was positive in the 30 years of investment, with the organic system standing out with a value of US\$ 750.00, while the conventional system was US\$ 361.00. The results show that the organic production system presented higher viability with a discount rate of 11 % per year, and the profit for the rural entrepreneur was 52 %, compared to the conventional system. In addition, it should be mentioned that producing a product with environmental conservation improves its quality and acceptance by the final consumers. Another factor that benefitted the organic production system, to increase the liquid present value per ha, was the price per t of sugarcane produced, which is 10 % to 20 % higher than the price of t of sugar produced with the conventional system (CNA, 2016).

The results from the Internal Return Rate (IRR), which represents the return rate of the investment at which the LPV equals zero, indicates that the organic and conventional production systems constitute viable investment alternatives, with values of 34 % and 17 %, respectively, exceeding the discount rate required of 11 % per year.

If there was a public policy encouraging agricultural entrepreneurs to continue with the activity of sugarcane production or to attract new entrepreneurs, considering the sale at US\$ 20.00 per t of sugarcane in the conventional system, an interest rate of 2 % annually and a mean annual productivity of sugarcane of 97 t ha⁻¹, the project would yield US\$ 5366.00 per ha in 30 years; if the interest rate were doubled to 4 % annually, the project would yield US\$ 4000 (Brenda, cambiar en español si es necesario); and if it were to increase to 20 %, the project would no longer be viable because the interest

considerando la venta a US\$ 20.00 por t de caña de azúcar en el sistema convencional, una tasa de interés de 2 % anual y una productividad media anual de la caña de azúcar de 97 t ha^{-1} , el proyecto rendirá US\$ 5366.00 por ha en 30 años; si se dobla la tasa de interés a 4 % anual el proyecto rendirá US\$ 4 mil, y si se pasa a 20 % el proyecto ya no será viable pues la tasa de interés superará la TIR en 9 % (Figura 3).

En el sistema orgánico, al considerar US\$ 25 por t de caña y una tasa de interés de 2 % anual, el proyecto rendirá US\$ 11 912.00 por ha en 30 años; si se dobla la tasa de interés a 4 % al año el proyecto rendirá US\$ 8 mil, y si se pasa a 40 % el proyecto ya no será viable pues la tasa de interés superará la TIR en 6 %. La competitividad del sistema de producción orgánica se debe a la reducción de los costos de producción al eliminar o sustituir insumos sintéticos, como fertilizantes o agroquímicos provenientes de industrias, por insumos naturales que en la mayoría de las veces son subproductos del mismo sistema de producción. Además, el precio pagado por t de caña favorece este sistema, ya que es 10 % a 20 % mayor que el precio de venta de caña producida en el sistema convencional (CNA, 2016), aunque la productividad es menor que el sistema convencional.

Los resultados indican que al adoptar el sistema de producción orgánica, el sistema se convierte en inviable con tasas de interés arriba del 34 % al año. Es importante destacar que cuanto menor es el valor de comercialización de la caña, más sensible es el proyecto en cuanto a la variación en la tasa de interés.

rate would exceed the IRR in 9 % (Figure 3). In the organic system, when considering US\$ 25 per t of sugarcane and an interest rate of 2 % annually, the project would yield US\$ 11 912.00 per ha in 30 years; if the interest rate were to double to 4 % per year, the project would yield US\$ 8,000 (Brenda, cambiar en español si es necesario); and if it were to increase to 40 %, the project would no longer be viable since the interest rate would exceed the IRR in 6 %.

The competitiveness of the organic production system is because of the reduction of production costs when eliminating or substituting synthetic inputs, such as fertilizers or agrichemicals from industries, with natural inputs that most of the times are byproducts of the production system itself. In addition, the price paid per t of sugarcane favors this system, since it is 10 % to 20 % higher than the price of the sugarcane produced in the conventional system (CNA, 2016), although the productivity is lower than in the conventional system.

The results indicate that when adopting the organic production system, the system becomes inviable with interest rates higher than 34 % per year. It is important to highlight that when the value of sugarcane commercialization is lower, the project is more sensitive in terms of the variation in the interest rate.

The capital invested for the exploration of the two alternatives was US\$ 1821.00 per ha. For the conventional and organic production systems, the time for recovery of the capital invested was 6 and

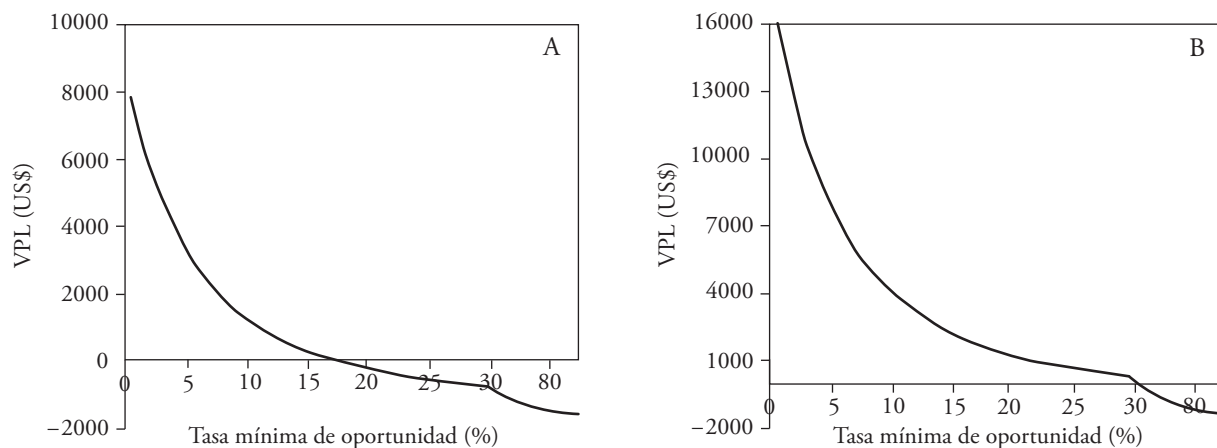


Figura 3. Valor presente líquido (VPL) y tasa interna de retorno (TIR) para la producción de caña de azúcar convencional (A) y orgánica (B) durante 30 años de inversión en la Región del Cerrado brasileño.

Figure 3. Liquid present value (LPV) and internal return rate (IRR) for conventional (A) and organic (B) sugarcane production during 30 years of investment in the Brazilian Cerrado Region.

El capital invertido para la exploración de las dos alternativas fue US\$ 1821.00 por ha. Para los sistemas de producción convencional y orgánica, el tiempo para la recuperación del capital invertido fue de 6 y 3 años, respectivamente. Esto indica que el sistema de producción orgánica es una alternativa de inversión atractiva para el productor rural, ya que la demanda principalmente de azúcar orgánico y sus derivados han aumentado en el mundo, en razón de mejorar la calidad del producto final y, además, contribuye para el mantenimiento del equilibrio del medio ambiente y reduce costos de producción.

La Relación Beneficio Costo (R^B/C) indicó viabilidad para las dos alternativas. En el sistema convencional por cada US\$ 1.00 invertido el un retorno es US\$ 1.36, y para el sistema orgánico el retorno es US\$ 1.69. Respecto a la inversión realizada, los resultados indican que por cada dólar invertido en el sistema convencional se genera US\$ 1.54, y al invertir un dólar en el sistema orgánico US\$ 1.93. Este resultado convierte a la agricultura orgánica en una opción competitiva, pero en Brasil los agricultores han adoptado el sistema convencional, aunque el sistema de producción orgánico es creciente.

El sector todavía enfrenta varios problemas que impiden la adopción del sistema, principalmente por la dificultad en la logística, exceso de burocracia en el proceso de certificación, costos altos durante el proceso de conversión del sistema convencional al sistema orgánico, y falta de asistencia técnica de la red de extensión pública para acompañar los procesos de homologación de las normas de producción y exportación (Campanhola y Valarini, 2001). También hay dificultades de acceso al crédito bancario e inversión en tecnología, además de la poca investigación científica en esta área (Mazzoleni y Oliveira, 2010).

En resumen, a pesar de que el sistema de producción orgánico tiene menos costos de producción y en promedio menor rendimiento, este sistema tiene mayores beneficios y se convierte en más competitivo por ser un producto diferenciado. El sistema de producción orgánico solo será viable, desde el punto de vista económico, si la productividad media supera 34 t ha^{-1} , los costos totales medios por hectárea no

3 years, respectively. This indicates that the organic production system is an attractive investment alternative for the rural producer, since the demand for organic sugar, mainly, and for its byproducts, has increased in the world as a result of improving the quality of the final product and, in addition, contributes to the maintenance of equilibrium in the environment and reduces the production costs.

The Benefit Cost Rate (R^B/C) indicated viability for the two alternatives. In the conventional system, for every US\$ 1.00 invested the return is US\$ 1.36, and for the organic system the return is US\$ 1.69. Regarding the investment performed, the results indicate that for every dollar invested in the conventional system, US\$ 1.54 are generated, and when investing one dollar in the organic system, US\$ 1.93. This result makes organic agriculture a competitive option, but in Brazil the farmers have adopted the conventional system, although the organic production system is growing.

The sector is still facing several problems that prevent the adoption of the system, primarily due to the difficulty in the logistics, excess bureaucracy in the certification process, high costs during the process of conversion from the conventional to the organic system, and lack of technical assistance from the network of public extension work to accompany the homologation processes of the production and export norms (Campanhola and Valarini, 2001). There are also difficulties in the access to bank credit and investment in technology, in addition to the scarce scientific research in this area (Mazzoleni and Oliveira, 2010).

In sum, despite the organic production system having lower production costs and a lower yield in average, this system has greater benefits and becomes more competitive because it is a differentiated product. The organic production system will only be viable from the economic point of view if the mean productivity exceeds 34 t ha^{-1} , the mean total costs per hectare do not increase more than US\$ 17, the price of the sale per t is higher or equal to US\$ 25, and the annual opportunity rate can be lower or equal to 34 %.

aumenten más de US\$ 17, el precio de venta por t sea mayor o igual a US\$ 25 y la tasa de oportunidad anual, sea menor o igual a 34 %.

CONCLUSIONES

El sistema de producción orgánica utilizando vinasse y lithothamnium, asociado a un manejo de irrigación plena es una opción económicamente viable, en comparación al sistema tradicional de producción de caña de azúcar en el cerrado de Brasil.

La eficiencia económica del sistema de producción de caña de azúcar orgánica solo será viable si la productividad es mayor a 34 t ha⁻¹. El período de recuperación del capital del sistema de producción orgánica es 3 años menos que en el sistema convencional.

LITERATURA CITADA

- Araújo, R., J. Junior., D. Casaroli, and A. Evangelista. 2016. Variation in the sugar yield in response to drying-off of sugarcane before harvest and the occurrence of low air temperatures. *J. Bragantia*. 75:111-127.
- Araújo, N., A. Oliveira, L. Cavalcante, W. Pereira, N. Brito, C. Neves, e E. Silva. 2007. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. *Engenharia Agríc. Amb.* 11: 466-470.
- Almeida-Júnior, A., C. Nascimento, M. Sobral, F. Silva, e W. Gomes. 2011. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. *Engenharia Agríc. Amb.* 15: 1004-1013.
- Campanhola, C., e J. Valarini. 2001. A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. *Cadernos de Ciência & Tecnol.* 18: 69-101.
- CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil). 2016. Projeções de custos e rentabilidade do setor sucroenergético na região Centro-Sul para a safra 2015/2016. http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/ativos_CANA_10.pdf (Consulta: diciembre 2016).
- CONSECANA (Conselho de produtores de cana-de-açúcar e etanol do estado de São Paulo). 2012. Manual de Procedimentos e Normas para o Acompanhamento de Análise da Qualidade da Cana-de-açúcar, São Paulo. 81 p.
- Delgado, A., e P. Delgado. 1999. Produção do Açúcar Mascavo, Rapadura e Melado. Piracicaba, SP. STAB. 154 p.
- Evangelista, A., J. Alves, D. Casaroli, e F. Resende. 2015. Desenvolvimento inicial da mamoneira, girassol e nabo forrageiro adubados com Lithothamnium. *Global Sci. Technol.* 8: 40-48.
- FAEG (Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás, Mercados e cotações – Cana-de-Açúcar Maio/2016). 2016. <http://sistemafaeg.com.br/mercados-e-cotacoes/cana-de-acucar>. (Consulta: diciembre 2016).
- Hafler, O., V. Andrade, J. Ramos, M. Monterio, e P. Melo. 2009. Produção de mudas de mamoeiro utilizando Bokashi e Lithothamnium. *Ver. Bras. Frut.* 31: 245-251.
- Kaneko, H., M. Aparecida, R. Alves, C. Chioderoli, e F. Nakayama. 2009. Análise econômica da produção de Cana-de-Açúcar considerando-se a terceirização das operações agrícolas: O caso de um produtor. *Pesquisa Agropec. Trop.* 39: 266-270.
- Klein, F. B.; H. Filho, e P. Almeida. 2008. Análise sobre o uso da Norma Técnica P4 . 231 da CETESB como Preventiva aos Impactos Ambientais Causados pela Vinhaça. *Pesquisa São Paulo.* 85 p.
- Lanna, G., e R. Reis. 2012. Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no Sul de Minas Gerais. *Coffee Sci.* 7: 110-121.
- Lerdon, J., D. Bentjerodt, y B. Carrillo. 2015. Análisis económico de 11 predios productores de leche y carne en la Región de Los Ríos, Chile. *Idesia* 33: 89-104.
- Malavolta, E. 2006. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. Editora Ceres. Piracicaba, SP. 638 p.
- Mazzoleni, E., e L. Oliveira. 2010. Inovação tecnológica na agricultura orgânica: estudo de caso da certificação do processamento pós-colheita. *Econ. Sociol. Rur.* 48: 567-586.
- Melo, P., e A. Furtini-Neto. 2003. Avaliação do Lithothamnium como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. *Ciência Agrotec.* 27: 508-519.
- Souza, J., e R. Costa. 2013. Custos e rentabilidades na produção de hortaliças orgânicas convencionais no estado do Espírito Santo. *Ver. Bras. A. Sust.* 3: 11-24.
- Simões, S., K. Abdala, A. Silva, e V. Borges. 2010. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: Elementos para uma análise espacial do processo. *Boletim Goiano Geogr.* 30: 171-191.
- Segato, V.; C. Mattiuz, e E. Mozambani. 2006. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. *In: Segato, S. V., S. Pinto, A. Jendiroba, e M. Nóbrega (org). Atualização em produção da cana-de-açúcar.* Piracicaba: CP 2, 2006. Cap. 2, pp: 19-36.
- UNICA (União da agroindústria canavieira do estado de São Paulo). 2012. A dimensão do setor Sucroenergético: Mapeamento e quantificação da safra 2014/15. Ribeirão Preto. 179 p.

CONCLUSIONS

The organic production system using vinasse and lithothamnium, associated to full irrigation management is an economically viable option, in comparison to the traditional production system of sugarcane in Brazil's Cerrado Region.

The economic efficiency of the organic sugarcane production system would only be viable if the productivity is higher than 34 t ha⁻¹. The capital recovery period of the organic production system is 3 year less than in the conventional system.

—End of the English version—

—*—

