



Conservation Strategy Fund | Conservación Estratégica | SERIE TÉCNICA No. 18 | septiembre de 2009

## Factibilidad económica y financiera de la producción de caña de azúcar y derivados en el norte del departamento de La Paz

alfonso farjan malky harb  
juan carlos ledezma columba

“La misión de CSF es desarrollar y enseñar herramientas de análisis económicos estratégicos para conservar la naturaleza”.

© Conservation Strategy Fund-CSF

*Oficina Bolivia*

Conservación Estratégica-Bolivia  
Av. Sánchez Lima No. 2600  
Edificio Tango, Piso 7, Depto. 02  
La Paz, Bolivia  
Tel/Fax: (+591 2) 243-1038  
Email: csfbolivia@entelnet.bo

*Administrative Office*

Conservation Strategy Fund  
1160 G Street, Suite A-1  
Arcata, CA 95521-Estados Unidos  
Tel: 707-822-5505  
Fax: 707-822-5535

*Brazil Office*

Conservação Estratégica  
Rua Cândido Almeida, 143-Bairro Joana D'Arc  
33400-000 – Lagoa Santa – MG – Brasil  
Telefone/Fax: +55 31 3681-4901  
Email: csfbrasil@conservation-strategy.org

© Conservación Internacional Bolivia

Calacoto, calle 13, N° 8008  
Tel: (+591 2) 2797700  
Fax: (+591 2) 2114228  
La Paz, Bolivia  
Email: ci-bolivia@conservation.org

Este documento puede ser descargado  
de los sitios web:

[www.conservation-strategy.org](http://www.conservation-strategy.org)

[www.conservation.org.bo](http://www.conservation.org.bo)

Fotografía de la tapa: alfonso farjan malky harb

Diseño de portada: adriana berríos

Depósito Legal: 4-1-2448-09

ISBN: 978-99954-703-7-1

Impresión: Impresiones Gráficas Virgo  
Telf.: 2914678-79  
La Paz - Bolivia

Impreso en Bolivia  
*Printed in Bolivia*

# Factibilidad económica y financiera de la producción de caña de azúcar y derivados en el norte del departamento de La Paz

alfonso farjan malky harb [ [Conservación Estratégica](#) ]

juan carlos ledezma columba [ [Conservación Internacional - Bolivia](#) ]



*Disclaimers*

#### **Fundación Gordon & Betty Moore**

Esta publicación fue posible gracias al apoyo financiero de la Fundación Gordon & Betty Moore.

#### **Latin American and Caribbean Environmental Economics Program (LACEEP)**

El desarrollo de la investigación y su publicación se llevó a cabo con la ayuda financiera y técnica del Latin American and Caribbean Environmental Economics Program (LACEEP).

#### **Programa de Conservación de Paisajes**

El presente estudio y su publicación fueron posibles gracias al apoyo económico y técnico del Programa de Conservación de Paisajes, con fondos de USAID, en el marco del acuerdo de cooperación N° 511-A-00-05-00250-00.

Las opiniones expresadas en el documento son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de los financiadores.



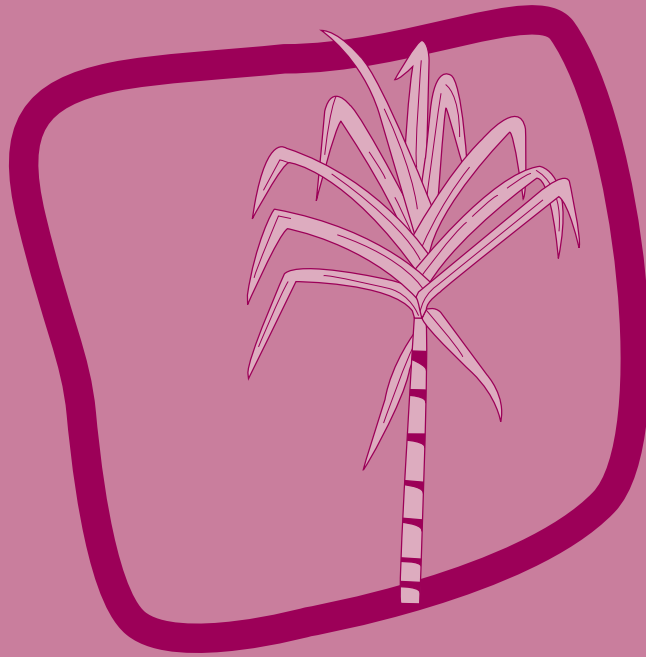
# Agradecimientos

**L**os autores agradecen a los gobiernos municipales de Ixiamas y de San Buenaventura por haber apoyado al desarrollo de la investigación, en particular agradecemos a Hernani Silva, Honorable Alcalde Municipal de San Buenaventura y a Luis Fessy, Presidente del Concejo Municipal de San Buenaventura. También agradecemos el apoyo incondicional del Consejo Indígena del Pueblo Tacana (CIPTA) y la Federación Sindical de Productores de la Provincia Abel Iturralde (FESPAI).

A la Fundación Gordon & Betty Moore, el Latin American and Caribbean Environmental Economics Program (LACEEP) y el Programa de Conservación de Paisajes por el apoyo financiero.

A los revisores John Reid, Allen Blackman y Leonardo Fleck por los valiosos aportes técnicos, a Cristian Vallejos, Eduardo Forno, Francisco Alpizar, Juan Robalino, Cecilia Ayala y Cándido Pastor por apoyar y facilitar el desarrollo de la investigación. Asimismo a Francisco Estrázulas, Sophia Espinoza, Franklin y Francisco Mendia y Mavi Medina por el apoyo brindado durante la realización de los trabajos de campo, a Julie Bleha, Stalislaw Czaplicki y Carlos Solís por la colaboración en la traducción y edición del documento.

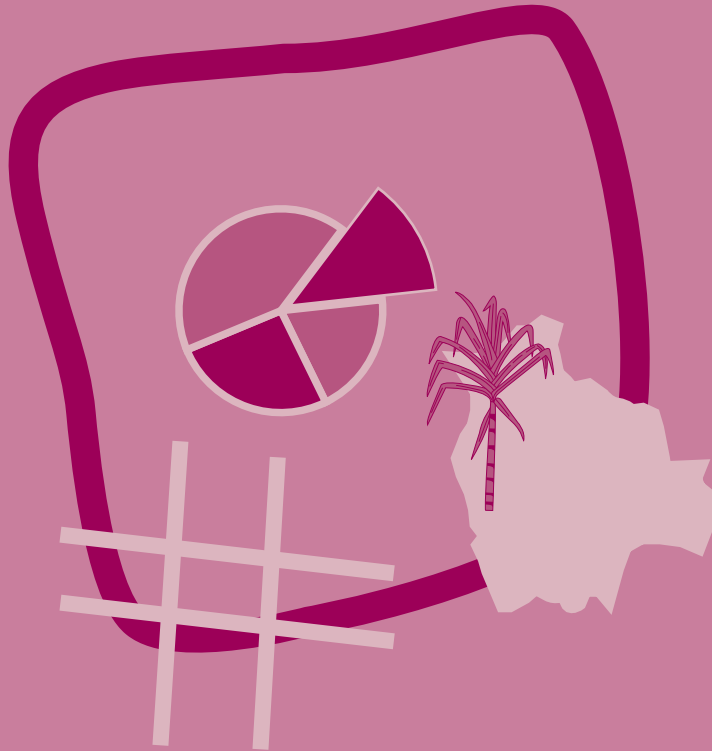
Finalmente a: Marcelo Fraija (Corporación UNAGRO), Eduardo Paz (Universidad Andina Simón Bolívar), Carlos Costas (Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Caña de Azúcar), Ramón Gutierrez (Compañía Industrial Azucarera San Aurelio S.A.), Rudiger Trepp (Ingenio Azucarero Guabirá S.A.), Enrique Riegelhaupt (Red Mexicana de Bioenergía), Freddy Tovar (Industrias Agrícolas Bermejo S.A.), Carlos Gordillo (Comité Nacional de Despacho de Carga), Raúl Saavedra (ELECTROPAZ) y Miguel Barba (GRAVETAL Bolivia S.A.) por abrir las puertas de sus instituciones y facilitar información sin la cual el desarrollo de la investigación no habría sido posible.



{ Índice



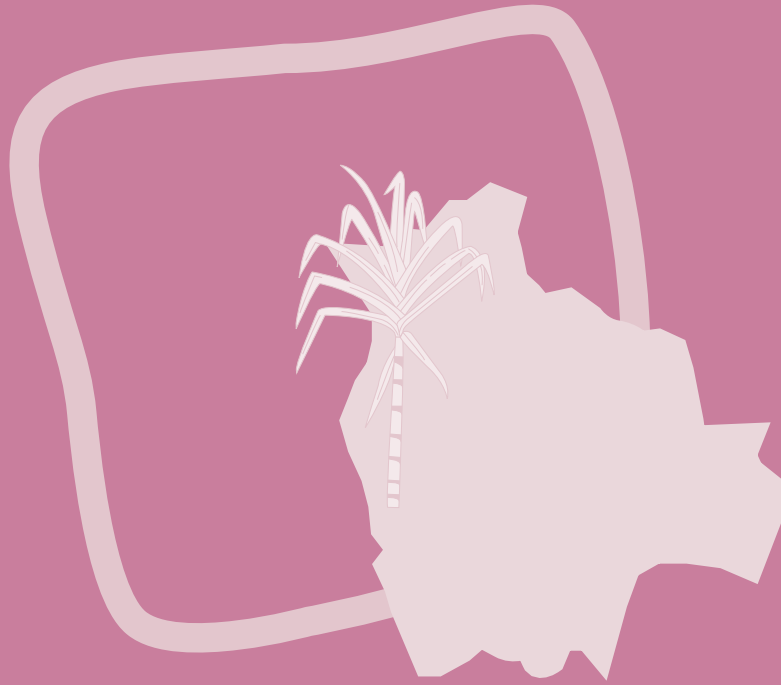
|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>DISCLAIMERS</i>                                                                                                    | 2  |
| AGRADECIMIENTOS                                                                                                       | 4  |
| ÍNDICE                                                                                                                | 6  |
| LISTA DE TABLAS, FIGURAS Y MAPA                                                                                       | 8  |
| RESUMEN EJECUTIVO / <i>EXECUTIVE SUMMARY</i>                                                                          | 12 |
| <br>                                                                                                                  |    |
| ANTECEDENTES                                                                                                          | 18 |
| <br>                                                                                                                  |    |
| MÉTODO DE ANÁLISIS                                                                                                    | 24 |
| Análisis Costo - Beneficio                                                                                            | 25 |
| Análisis Costo - Beneficio de la industria azucarera                                                                  | 26 |
| Estructura del análisis                                                                                               | 27 |
| <br>                                                                                                                  |    |
| SUPUESTOS Y CONSIDERACIONES                                                                                           | 30 |
| Crecimiento de la población y expansión de cultivos                                                                   | 31 |
| Operación agrícola                                                                                                    | 31 |
| El ingenio, capacidad, inversión y costos financieros                                                                 | 32 |
| Operación del ingenio azucarero, ingresos y costos                                                                    | 34 |
| Costos tributarios                                                                                                    | 35 |
| Superficies de producción de caña de azúcar y sustitución de cultivos tradicionales                                   | 36 |
| Costos de oportunidad agrícolas                                                                                       | 38 |
| Deforestación y expansión de la frontera agrícola                                                                     | 38 |
| Valor económico del bosque                                                                                            | 42 |
| Generación de electricidad a partir del ingenio y posibilidades de generación de ingresos a partir de un proyecto MDL | 44 |
| <br>                                                                                                                  |    |
| RESULTADOS                                                                                                            | 48 |
| Análisis financiero de la producción de caña y derivados                                                              | 49 |
| Análisis económico de la producción de caña y sus productos derivados                                                 | 50 |
| Análisis financiero y económico de la generación de energía                                                           | 50 |
| Análisis económico sin considerar un sistema de producción comunal y si los supuestos no se cumplen                   | 51 |
| Análisis de riesgo                                                                                                    | 51 |
| Análisis distributivo                                                                                                 | 52 |
| <br>                                                                                                                  |    |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES                                                                                        | 56 |
| <br>                                                                                                                  |    |
| BIBLIOGRAFÍA                                                                                                          | 60 |
| <br>                                                                                                                  |    |
| ANEXOS                                                                                                                | 68 |



{ Lista de tablas, figuras  
y mapa

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Mapa 1 - Localización y área de influencia del ingenio azucarero                                                                     | 22 |
| <hr/>                                                                                                                                |    |
| Tabla 1 - Parámetros productivos de la caña de azúcar en Bolivia respecto a estándares regionales                                    | 20 |
| Tabla 2 - Habilitación de tierras para el cultivo de caña de azúcar                                                                  | 31 |
| Tabla 3 - Beneficios netos de los productos agrícolas actuales                                                                       | 38 |
| Tabla 4 - Parámetros utilizados para la valoración de externalidades ambientales                                                     | 43 |
| Tabla 5 - Análisis financiero y económico considerando la generación de energía                                                      | 51 |
| Tabla 6 - Variables y parámetros considerados para el análisis de riesgo                                                             | 52 |
| Tabla 7 - Probabilidad de que la industria sea financiera y económicamente viable                                                    | 52 |
| Tabla 8 - Resultados financiero y económico considerando una nueva distribución de beneficios                                        | 53 |
| <hr/>                                                                                                                                |    |
| Figura 1 - Estructura de costos y beneficios de la industria azucarera                                                               | 27 |
| Figura 2 - Estructura actual de una parcela                                                                                          | 36 |
| Figura 3 - Esquema sustitución parcial de cultivos en una parcela                                                                    | 37 |
| Figura 4 - Cambio de cobertura del suelo hasta 2006                                                                                  | 39 |
| Figura 5 - Tasas de deforestación anual entre los diferentes períodos de observación procedentes de imágenes de satélite Landsat TM  | 40 |
| Figura 6 - Comparación entre el esquema actual de uso de una parcela y el esquema con sustitución parcial de cultivos en una parcela | 41 |
| Figura 7 - Deforestación acumulada neta                                                                                              | 42 |







Resumen ejecutivo  
*Executive summary*

**D**urante los últimos tres decenios, el norte de La Paz ha experimentado el arribo de colonos que han establecido asentamientos e introducido nuevos sistemas de producción basados en la agricultura en tierras previamente cubiertas por bosques. El incremento de la conversión de los bosques para la implementación de proyectos agrícolas es, a su vez, la base de varios planes de desarrollo de gobiernos nacionales y locales. Hoy en día, la propuesta de desarrollo más importante incluye la instalación de un ingenio azucarero para la producción de azúcar refinada y alcohol etílico.

El presente estudio tiene por objetivo evaluar la viabilidad financiera y económica de este proyecto, cuya inversión inicial se espera que supere los USD 90 millones y USD 40 millones adicionales a ser invertidos en etapas posteriores del proyecto. Estas cifras incluyen los costos financieros y el suministro de maquinaria agrícola para los productores.

A través del análisis se pretende contribuir en la toma de decisiones de políticas públicas y aportar al desarrollo eficiente y equitativo de la región así como a la conservación de los recursos naturales. Sin embargo, reconocemos que el estudio no abarca todos los aspectos referidos al proyecto, ya que no se analiza si la posible inversión representa el uso más eficiente de los recursos públicos, ni los posibles impactos sociales y culturales que tendría la introducción de un nuevo cultivo a la región.

Dado que las industrias azucareras en Bolivia típicamente constituyen una sociedad de la que son parte tanto la empresa que administra el ingenio como los productores agrícolas, el presente análisis expone los resultados considerando esta característica, evaluándose la factibilidad económica y financiera de los actores de manera independiente, como también de la industria en su conjunto.

Los resultados obtenidos sugieren que la viabilidad del proyecto depende, en gran medida, de la competitividad que pueda alcanzarse en la producción de materia prima correspondiente a la fase agrícola, es decir, los rendimientos y el contenido de sacarosa que puedan ser alcanzados en la región, valores desconocidos hasta hoy. Otra variable determinante es el precio del azúcar refinado. Considerando un contenido de sacarosa de 12,5%, rendimientos agrícolas de 55TM/hectáreas y un precio de USD 17 por quintal (1 quintal = 46 kilogramos) de azúcar, el proyecto sería económicamente beneficioso para la economía nacional. Sin embargo, el ingenio no sería financieramente atractivo para los potenciales inversionistas, debido a que el porcentaje de ingresos percibido no ofrece un rendimiento suficiente para cubrir los costos. Por lo tanto, la fase industrial del proyecto requeriría de subsidios públicos.

En términos del impacto sobre el bosque, se esperaría que si los cultivos tradicionales son sustituidos por caña de azúcar, el proyecto no incrementaría la tasa de deforestación en la región. Por el contrario, durante el tiempo del análisis (20 años), se evitaría la deforestación de 19.000 hectáreas de bosque. Esto se debe a que los cultivos tradicionales demandan una nueva superficie de tierra cada año, mientras que la caña es un cultivo de larga duración que cuenta

con la capacidad de fijar la frontera agrícola si se maneja adecuadamente. Esta proyección es válida si: la industria de la caña se desarrolla en el marco de los planes de base comunitaria, no se construye otro ingenio en la región, no se desarrollan políticas de migración masiva, la actual tenencia de la tierra es respetada y el gobierno boliviano mantiene su posición de no ingresar al mercado de los biocombustibles. Sin embargo, si el proyecto se ejecuta y las condiciones descritas no se cumplen, el proyecto generaría externalidades ambientales negativas y pérdidas económicas significativas para la economía nacional.



**D**uring the last three decades northern La Paz has experienced the arrival of migrants establishing settlements and clearing forest lands for agriculture. Increasing forest conversion for agricultural projects is the basis of several national and local government development schemes. Today, the most significant development proposal includes installation of a sugar cane mill in San Buenaventura to produce sugar and ethyl alcohol.

This research aims to assess the financial and economic feasibility of this project. The initial investment is expected to exceed US\$ 90 million with an additional US\$ 40 million invested later. These figures include financing costs and supply of agricultural machinery to the farmers. The study's goal is to contribute to the decision-making process on public policies that will promote efficient and equitable development and conservation of environmental resources. At the same time, the research cannot cover all key questions; it does not determine whether the investment analyzed represents the most efficient use of public resources nor does it analyze the potential social and cultural changes that would occur due to the introduction of this new crop to the region.

The sugar industry in Bolivia is typically composed of partnerships between corporate mill owners and farmers. Our analysis estimates the viability of the San Buenaventura program as a whole, as well as examining the agricultural and industrial production phases independently.

Results suggest that the program's feasibility hinges largely on crop yields and sucrose contents, which are as yet unknown for this region. Another crucial variable is the price of refined sugar. Taking into account a sucrose content of 12.5 percent, agricultural yields of 55 mt/ha (metric tons/hectare) and a price of US\$ 17 per quintal (1 quintal = 46 kilograms) of sugar, the project is economically beneficial for the national economy. However, the mill would not be financially attractive to investors because their share of revenues (negotiated with farmers) would not provide a return sufficient to cover costs. The industrial part of the project would therefore either require public subsidies.

In terms of the impact on the forest, it is expected that if sugar cane is substituted for traditional crops the project will not increase the deforestation rate in the region. On the contrary, during the timeframe of the analysis (20 years), deforestation would be avoided for 19,000 hectares of mature forest. This is because traditional crops demand new land each year whereas sugar cane is a long-lasting crop if managed correctly. This projection is valid if: the cane industry is developed under community-based schemes; no additional mills are built in the region; no new pro-migration policies are implemented; current land tenure is respected and the Bolivian government maintains its position of not entering into the biofuels market. However, if the project is implemented and the assumptions described above are not met, negative environmental externalities would be generated and the economic losses would be significant for the country.







## Antecedentes

**L**a Corporación Regional de Desarrollo para La Paz (CORDEPAZ) fue creada en 1971. Su principal propuesta de desarrollo, la denominada “Marcha hacia el Norte”, planteaba tres estrategias de producción: i) la creación de un polo de desarrollo regional en torno a una industria azucarera ubicada en el municipio de San Buenaventura, ii) la construcción de una represa hidroeléctrica en la región del Bala (con la consecuente inundación de más de 200.000 hectáreas de selva natural) y, iii) la exploración y explotación de recursos hidrocarburíferos en la zona. Para la implementación de estas estrategias se requería la construcción de carreteras y el desarrollo de procesos de colonización en la región. Los principales objetivos de la propuesta de desarrollo de CORDEPAZ no llegaron a implementarse. Sin embargo, la construcción de carreteras y la llegada de colonos se llevó a cabo, con la consecuente ocupación de importantes superficies terrestres que dieron lugar a la creación de latifundios y la llegada de empresas madereras (Prefectura de La Paz, 2006). Como resultado de este proceso, hasta el año 2007 se tenían 44.800 hectáreas deforestadas en los municipios de San Buenaventura e Ixiamas, con tasas de deforestación crecientes para los años subsiguientes (Diagnóstico del Plan de Ordenamiento Territorial de San Buenaventura, 2007).

Las principales actividades económicas desarrolladas en la región de estudio son la agricultura, ganadería y extracción de madera. Algunas actividades complementarias son la pesca, extracción de productos forestales no maderables, caza de subsistencia, apicultura y turismo (Plan de Desarrollo Municipal de San Buenaventura, 2007; Plan de Desarrollo Municipal de Ixiamas, 2007). Estas actividades no sólo representan las principales fuentes de ingresos de la población, sino también la base de su alimentación, constituyéndose los hogares en unidades de producción y consumo, cuyos principales recursos son la mano de obra familiar y los recursos naturales.

Actualmente, el gobierno central de Bolivia, la prefectura de La Paz y el municipio de San Buenaventura están reconsiderando los proyectos propuestos en 1971 por CORDEPAZ y aplicados parcialmente hasta 1993 (Robinson & McKean, 2006), cuando CORDEPAZ deja de existir. Debido a la creciente demanda de alcohol etílico en los mercados internacionales (Ministerio de Relaciones Exteriores del Brasil, 2007; Bravo & Altieri, 2007) y a la intención de producir azúcar refinada que compita con la producción del oriente en los mercados occidentales (La Paz y Oruro principalmente), el proyecto cañero de San Buenaventura volvió a atraer la atención de las autoridades nacionales y regionales, generándose nuevamente grandes expectativas entre la población local (Prefectura de La Paz, 2006; Plan de Ordenamiento Territorial de San Buenaventura, 2007).

En ese contexto, el proyecto cañero de San Buenaventura está siendo examinado como parte de un paquete de proyectos de desarrollo económico regional y, a pesar de que la caña de azúcar no es cultivada comercialmente en la región, la propuesta para desarrollar un proyecto a gran escala que incluya un ingenio azucarero y una planta de producción de alcohol etílico cobra cada vez mayor fuerza. Este ingenio pertenecería a una empresa pública que funcionaría bajo tuición de la prefectura del departamento de La Paz<sup>1</sup>, estaría ubicado al norte de la localidad de San Buenaventura, en un terreno de la prefectura (comunidad Porvenir), y se abastecería de la caña que sería producida por las comunidades indígenas y campesinas que se encuentren próximas a la carretera San Buenaventura-Ixiamas, a una distancia no mayor a 85 km del ingenio.

En cuanto al sistema de producción agrícola de caña de azúcar, según información de la prefectura de La Paz y del municipio de San Buenaventura, éste sería semi-mecanizado, requiriéndose más de 10.000 hectáreas de tierra en el corto plazo (tres primeros años), y con posibilidades de expandir esta producción a 20.000 hectáreas en el mediano plazo.

En el contexto internacional, la producción de caña de azúcar del país presenta bajas condiciones de competencia ya que el contenido de sacarosa y los rendimientos de caña registrados históricamente presentaron niveles inferiores a la media regional (ver tabla 1). Esta situación de baja competitividad y las distorsiones existentes en el mercado internacional del azúcar limitan las posibilidades de exportación.

**TABLA 1. PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN BOLIVIA  
RESPECTO A ESTÁNDARES REGIONALES**

| País             | % Sacarosa | TM Caña/ha | Ciclos de corte |
|------------------|------------|------------|-----------------|
| Colombia         | 15,8       | 123,1      | 4               |
| Perú             | 14,7       | 114,0      | 5               |
| Bolivia          | 12,5       | 51,6       | 8               |
| Promedio mundial | 14,0       | 65,0       | 5               |

Fuente: FDIA, 2005.

En lo que respecta al mercado interno, el consumo nacional de azúcar está totalmente cubierto por la producción de la región oriental. En las últimas décadas, se ha registrado la producción de excedentes que fueron colocados en los mercados internacionales preferenciales. La demanda de azúcar en el mercado interno es de aproximadamente 300.000 toneladas en todo el país, de las cuales 95.000 toneladas corresponden al consumo de los departamentos de La Paz y Oruro. No se espera incrementos significativos en esta demanda, los incrementos que existan estarán explicados, principalmente, por el crecimiento demográfico, el mismo que se espera que sea de 2% a 3% anual (de acuerdo a las proyecciones del INE). A pesar de la ausencia de mercados,

<sup>1</sup> A través de la Ley No. 3546 se crea la empresa "Complejo Agroindustrial de San Buenaventura", con carácter de entidad de derecho público, patrimonio propio, autonomía de gestión técnica, financiera, administrativa y legal, cuya máxima instancia de decisión es su Directorio, el cual está conformado por representantes del gobierno central, el gobierno prefectural y las organizaciones de campesinos e indígenas de la región.

la reactivación del proyecto de San Buenaventura responde a la creciente demanda local de proyectos de desarrollo que mejoren las condiciones de vida de la población, impulsados por el gobierno central y la prefectura de La Paz.

Además de ésta y otras propuestas de proyectos productivos, en la zona coexisten también algunos esfuerzos por proteger los ecosistemas naturales que caracterizan a esta región de alta diversidad biológica. Estas alternativas para lograr el desarrollo sostenible cuentan con el apoyo de la administración central y regional, así como de organizaciones internacionales vinculadas a la conservación. Sin embargo, en general, todos los proyectos que representan esfuerzos por mejorar la calidad de vida de la población local carecen de una estimación de factibilidad en términos económicos y no consideran las externalidades ambientales.

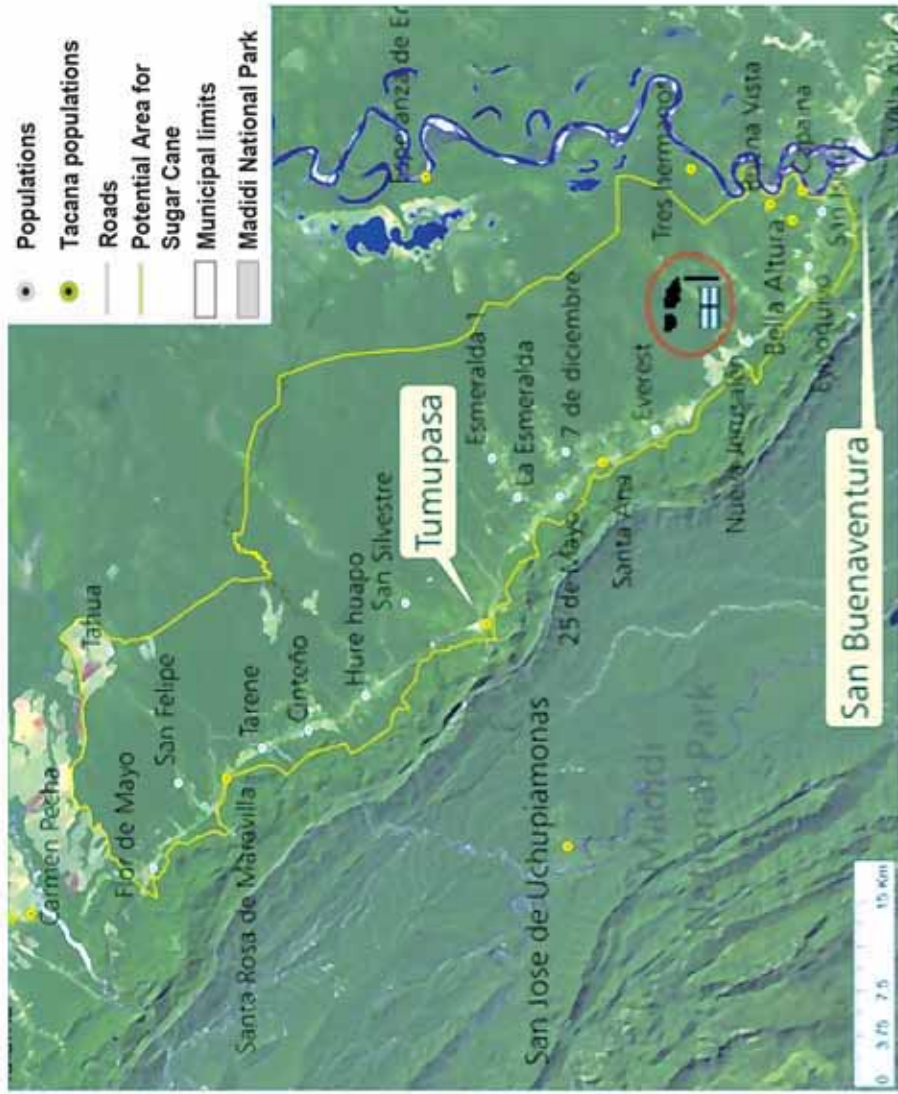
El área de incidencia del ingenio y, en consecuencia, el área de trabajo de la investigación, se extiende 85 km a partir del lugar donde probablemente se instalaría el ingenio azucarero sobre los terrenos de la prefectura del departamento de La Paz (ver mapa 1). Las razones por las que se consideraría esta área de influencia son: i) las comunidades que se encuentran más al norte participan activamente de la extracción forestal maderable y se hallan a una distancia mayor a 85 km del ingenio<sup>2</sup>, lo cual incrementaría sus costos y no permitiría que esta actividad sea rentable, al menos durante el tiempo de análisis considerado, y ii) las comunidades consideradas al interior de esta área y la población que habita en las mismas tendrían la capacidad suficiente para alcanzar la superficie de producción de caña inicial propuesta en los planes de la prefectura de La Paz y el municipio de San Buenaventura, considerando un rendimiento promedio de 55 TM/hectárea.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo general establecer si la producción de caña de azúcar y sus derivados en el norte del departamento de La Paz es financiera y económicamente viable, considerando los costos de oportunidad y las externalidades ambientales que serían generadas, a fin de contribuir en la toma de decisiones de políticas públicas que buscan promover el desarrollo y la conservación de los recursos ambientales en la región.

---

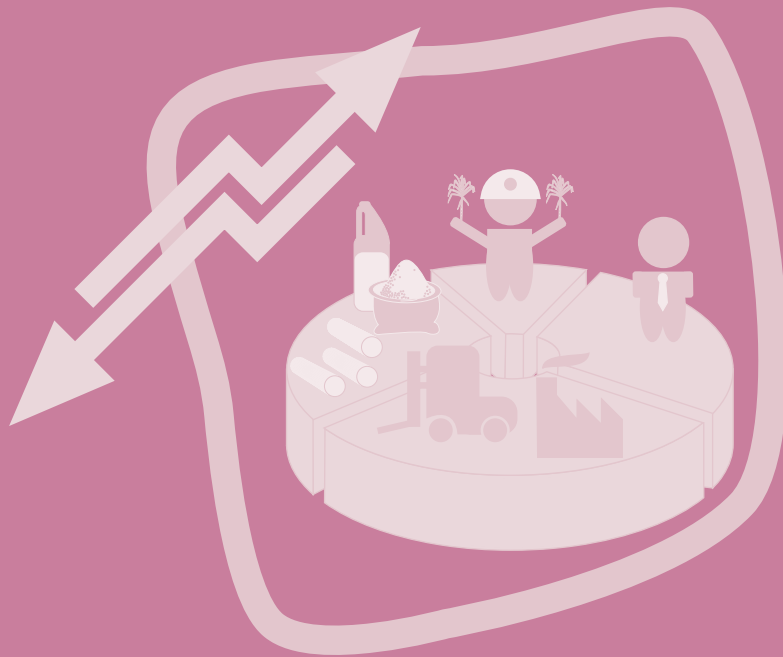
<sup>2</sup> El Anexo 1 describe las comunidades que participarían de la producción de caña y las distancias de las mismas hasta el lugar donde se instalaría el ingenio azucarero.

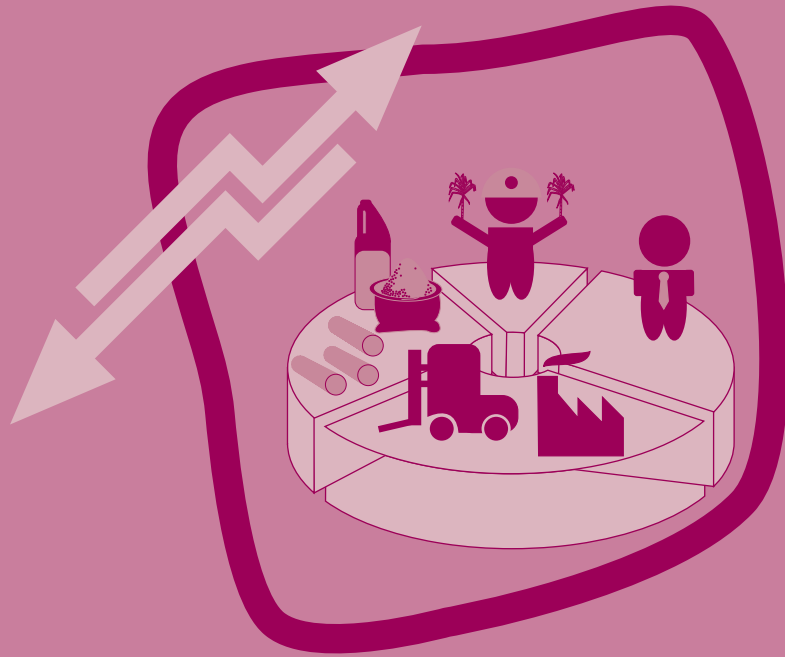
MAPA 1. LOCALIZACIÓN Y ÁREA DE INFLUENCIA DEL INGENIO AZUCARERO



Fuente: Elaboración propia







## Método de análisis

## Análisis Costo - Beneficio

La herramienta utilizada para analizar la factibilidad económica de la producción de caña de azúcar fue el Análisis Costo Beneficio (ACB). El ACB mide el impacto de una actividad tomando en cuenta el valor de los recursos en un momento determinado, valor que puede ser estimado usando ingresos y costos proyectados y actualizados mediante el uso de una tasa de descuento. De esta manera es posible comparar el valor presente de las actividades alternativas y/o recursos y considerarlo en un análisis económico.

Este análisis puede ser desarrollado desde la perspectiva financiera, basándose en los ingresos y egresos de caja que ocurren en un proyecto o actividad, adoptando precios de mercado. Otra perspectiva es la económica, donde el análisis considera todos los costos y beneficios sobre la economía en su conjunto, adoptando precios económicos, o sea, ajustando distorsiones e interiorizando externalidades. Al analizar los flujos financieros o económicos, se pueden generar indicadores de factibilidad tales como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio/Costo. Los indicadores que serán adoptados para el presente análisis son el VPN y la TIR, los cuales se definen de la siguiente manera:

$$VPN = \frac{B_0 - C_0}{(1+r)^0} + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n}$$

$$VPN = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:  $B_t$  = Beneficios totales en el año  $t$

$C_t$  = Costos totales en el año  $t$

$r$  = Tasa de descuento

$n$  = Número de períodos considerados para el análisis (años en este caso)

$(1+r)^t$  = Factor de descuento para el año  $t$

Debido a que existen oportunidades de inversión o de préstamo, en general el dinero representa un costo para el inversionista al cual accede mediante un préstamo y, por otro lado, un beneficio para el capitalista que lo presta. Así, se puede distinguir entre: el costo de capital, que mide lo que el inversionista paga cuando no cuenta con el dinero que requiere y debe pedirlo prestado a terceros y el costo de oportunidad del dinero, que representa el sacrificio que hace el capitalista cuando deja de ganar por prestar su dinero a terceros en vez de invertirlo en alguna actividad económica. En ese contexto, la tasa de descuento es la tasa de oportunidad del dinero o el costo de capital, suponiendo que ambos son iguales<sup>3</sup>.

---

3 Esta equivalencia se cumple cuando se dan las condiciones de equilibrio perfecto en el mercado.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es el tipo de descuento que hace que el VPN sea igual a cero, es decir, el tipo de descuento que iguala el valor actual de los flujos de entrada (positivos) con el flujo de salida inicial y otros flujos negativos actualizados de un proyecto de inversión. En el análisis de inversiones se compara la TIR con una tasa mínima o tasa de corte o coste de capital empleado. Si la tasa de retorno de una inversión –expresada por la TIR– supera a la tasa de corte, se la acepta; en caso contrario, se la rechaza. El VPN es considerado, generalmente, un indicador más confiable de la ganancia económica, dado que un proyecto que tenga más de un periodo de flujos negativos de caja puede presentar varios valores de TIR.

La TIR se define algebraicamente de la siguiente manera:

$$0 = -A + \frac{Q_1}{(1+r)^1} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Donde:

r = Tasa de retorno de la inversión o tasa interna de retorno

A = Valor de la inversión inicial

Q<sub>i</sub> = Valor neto de los distintos flujos de caja

n = Número de años

En este caso en particular, el cálculo del VPN y la TIR para la industria de caña de azúcar en el norte de La Paz considera un período de tiempo de 23 años. En este período existiría necesidad de liquidez en dos importantes etapas: la expansión de cultivos de caña e instalación del ingenio azucarero por un lado y, el período de zafra por el otro. Por lo tanto, tres años corresponden a la etapa de preparación agrícola e inversión y 20 años a la etapa de funcionamiento del ingenio, los cuales corresponden a cuatro ciclos productivos del cultivo de caña, ya que los agricultores deben renovar los cañaverales cada cinco años para mantener rendimientos óptimos.

Al final del período se evalúa el valor de rescate de las inversiones que serán realizadas. Para determinarlo es necesario considerar el valor de mercado del activo, entendiendo el mismo como el precio al que puede ser vendido el proyecto tomando en cuenta una tasa de depreciación. Si el factor de depreciación es constante, este Valor de Rescate (VR) puede ser determinado por la relación:

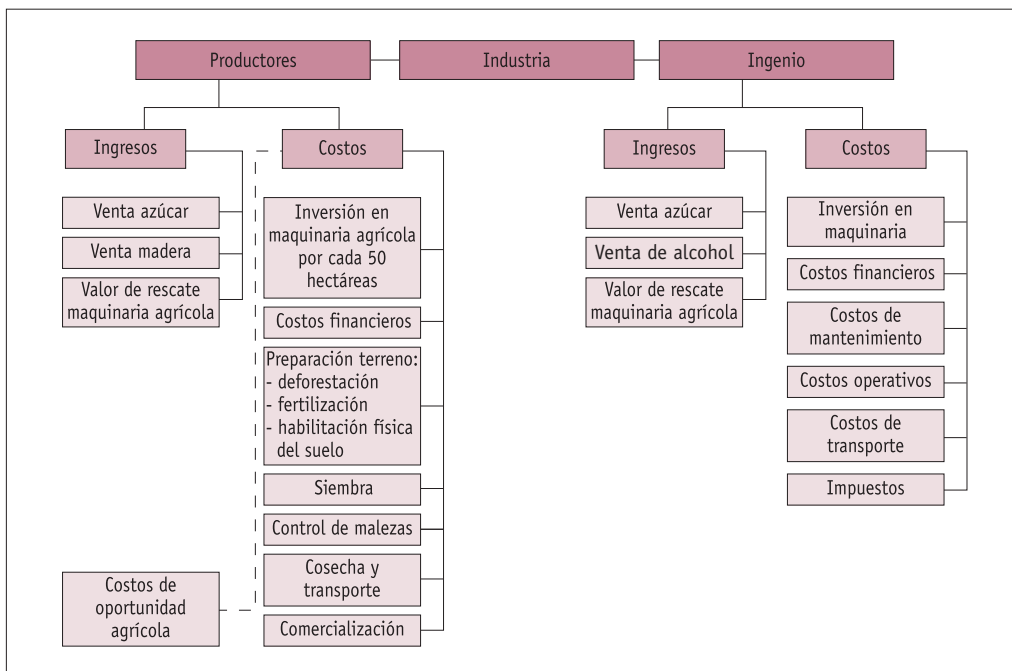
$$VR = \text{Valor del activo} - (\text{Valor del activo} \times \text{Factor de depreciación} \times \text{Número de años})$$

## Análisis Costo - Beneficio de la industria azucarera

Para el ACB se consideran todos los ingresos y costos financieros vinculados directamente con la industria azucarera para el período de análisis, teniendo en cuenta que la misma está compuesta por la producción agrícola de caña de azúcar y la transformación de ésta en productos derivados tales como azúcar refinada y alcohol.

Los ingresos están compuestos por la venta de caña de azúcar, alcohol y madera extraída para la habilitación de tierras. Por otro lado, los costos están compuestos por los de inversión, operación, transporte y financieros de la actividad agrícola de producción de caña de azúcar; costos de inversión, operativos, administrativos, de mantenimiento, fiscales y financieros del ingenio o planta industrial y, los costos de transporte de los productos derivados (azúcar refinada y alcohol). La figura 1 describe los ingresos y costos que fueron considerados en el ACB financiero.

FIGURA 1. ESTRUCTURA DE COSTOS Y BENEFICIOS DE LA INDUSTRIA AZUCARERA



Fuente: Elaboración propia.

Cada uno de los componentes descritos tiene sub componentes cuyos valores y relaciones están descritos en el anexo 2. El título siguiente describe los valores y criterios considerados en el cálculo de los costos más relevantes. Adicionalmente a los componentes descritos, se consideró el valor de las externalidades ambientales para el análisis económico.

## Estructura del análisis

Se realizaron cuatro análisis de coste-beneficio para la investigación de posibles situaciones y distintos intereses de los tomadores de decisiones:

- Análisis financiero de la producción de caña de azúcar y sus productos derivados.* Se llevó a cabo con el fin de establecer si la industria es financieramente conveniente para los participantes de la misma, independientemente del costo o beneficio que el proyecto

pueda significar para la sociedad. Este análisis considera los precios de mercado, las obligaciones fiscales y costos de oportunidad de las actividades agrícolas que se llevan a cabo en la región. Estas últimas dejarían de realizarse parcialmente como resultado de cambios en el uso de la tierra derivado de la expansión de los cultivos de caña de azúcar.

- b) *Análisis económico de la producción de caña de azúcar y productos derivados.* Se lleva a cabo con el fin de establecer los daños potenciales y los beneficios que podría causar el proyecto para toda la sociedad. Este análisis no considera las obligaciones fiscales<sup>4</sup>, y considera los costos de oportunidad agrícola, precios sombra, y externalidades ambientales. El valor de estas externalidades representa sólo una aproximación al valor total de los daños ambientales o los beneficios generados.
- c) *Análisis económico incluyendo la generación de electricidad.* Este análisis considera los costos implícitos de la instalación de una planta de generación de energía y los ingresos adicionales provenientes de la generación de energía a partir de la quema de bagazo<sup>5</sup>. Estos ingresos adicionales son exclusivos para la planta industrial.
- d) *El análisis económico teniendo en cuenta que los supuestos de deforestación no se cumplen.* En este análisis se describe la viabilidad del proyecto si los supuestos de la deforestación que serán considerados no se cumplen. Es decir, si llegan nuevos agricultores, los locales no participan de la producción de caña, el supuesto de sustitución de cultivos no se cumple y, en consecuencia, la deforestación causada por el proyecto es adicional.

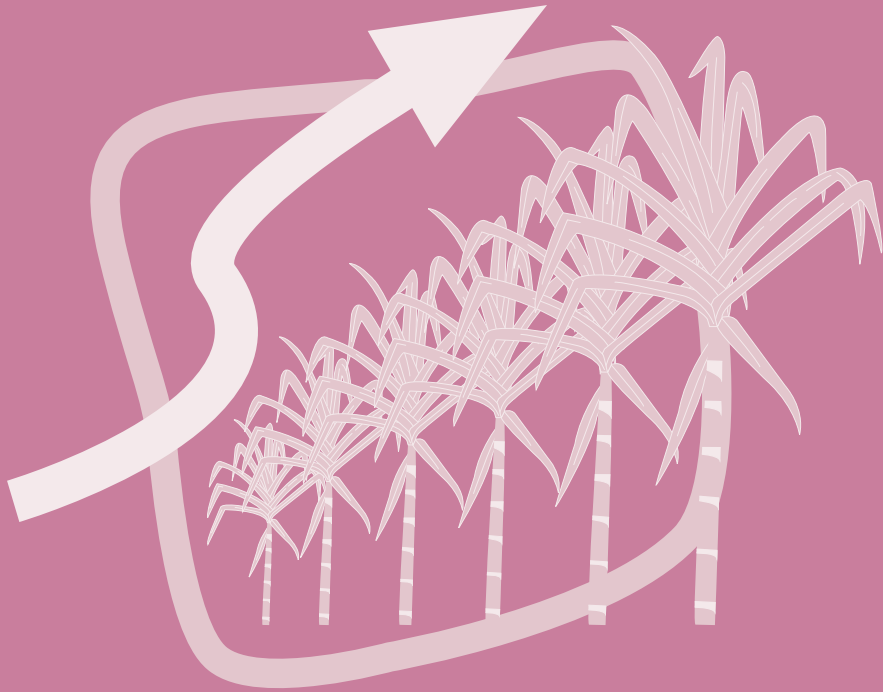
Adicionalmente, y teniendo en cuenta que existe incertidumbre sobre el comportamiento de algunas variables, se realizaron análisis de sensibilidad considerando los factores más importantes que afectan a la industria como el rendimiento de los cultivos, el contenido de sacarosa y los precios del azúcar y del alcohol. Para ello se desarrolló:

- Un análisis de riesgo y optimización para calcular las probabilidades de ocurrencia de los resultados presentados y a fin de contribuir en el debate para alcanzar mejores resultados financieros y de equidad. Para construir el análisis de riesgos se utilizó Cristal Ball v. 11 como herramienta.
- Un análisis de distribución, considerando que las inversiones a ser realizadas serían de carácter público en el caso del ingenio y privadas o mixtas en el caso de la maquinaria agrícola de los productores. Los siguientes actores son los identificados y considerados en el análisis de distribución:
  - El gobierno nacional y la prefectura de La Paz, como inversores y propietarios de la fábrica, en adelante denominados “el Gobierno”; y
  - los agricultores de las comunidades indígenas y rurales.

---

4 No se consideran puesto que representan una transferencia entre partes de la sociedad.

5 El bagazo es el residuo fibroso que queda una vez que la caña de azúcar es triturada para extraer su jugo.





## Supuestos y consideraciones



## Crecimiento de la población y expansión de cultivos

De acuerdo a los datos de los Planes de Desarrollo Municipal de San Buenaventura e Ixiamas, la población rural de ambas municipalidades es suficiente para abastecer de mano de obra al proyecto, dado que el crecimiento poblacional natural para el periodo 1991-2001 fue de 0,46% anual, las unidades productivas o familias de las comunidades consideradas deberían incrementarse de 1.193 a 1.302 en 23 años.

Adicionalmente, a partir del primer año de molienda y para todo el período de análisis se considera un crecimiento natural de la superficie de caña. Este valor se estima en 2,43 hectárea/familia/año, que es la tasa a la que crecieron las plantaciones de azúcar en el país los últimos 26 años (Dossier de Estadísticas UDAPE, 2008). Sobre la base de la tasa de crecimiento de la población y la tasa de crecimiento de la producción de caña de azúcar en Bolivia, se proyectó la extensión de la frontera agrícola para caña de azúcar en la región, la cual alcanzaría una superficie de 11.399 hectáreas de caña el primer año de molienda y 20.650 hectáreas el último<sup>6</sup>.

TABLA 2. HABILITACIÓN DE TIERRAS PARA EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

| Hectáreas / familia | Comunidades próximas al ingenio (1.033 familias) | Comunidades lejanas del ingenio (160 familias) | Superficie total de caña (ha) |
|---------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|
| Año -3              | 0,4                                              | 0                                              | 436                           |
| Año -2              | 2                                                | 0                                              | 2.186                         |
| Año -1              | 10                                               | 0,2                                            | 10.955                        |
| Año 1               | 10                                               | 1                                              | 11.399                        |
| Año 2               | 10                                               | 5                                              | 12.367                        |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: No se considera el año 0, para diferenciar la etapa de preparación agrícola e instalación del ingenio, con el período de molienda.

En lo que respecta a la capacidad productiva, se supone que cada familia producirá entre 5 y 10 hectáreas de caña de azúcar para garantizar los requerimientos de materia prima del ingenio. Se supone que no todos los agricultores participarán inmediatamente se inicie el proyecto y que no todos llegarán a producir 10 hectáreas. La tabla 2 describe el número de familias que participan del negocio de acuerdo a la distancia de las mismas al ingenio.

## Operación agrícola

Según Vargas (2009) se espera un rendimiento de 55 TM/hectárea con un contenido de sacarosa del 12,5%, si se realiza una adecuada gestión del suelo a través de los años. Este nivel de

<sup>6</sup> En Bolivia, la superficie total de cultivos de caña mostró un crecimiento de más del 100% durante los últimos 20 años (UDAPE, 2008).

producción podrá ser alcanzado si las familias involucradas logran implementar un sistema semi-mecanizado en sus cultivos. Actualmente, la mayoría de las familias de la región desarrollan sistemas tradicionales de producción agrícola y tienen menos de cinco hectáreas. Sin embargo, para las necesidades de la fábrica es indispensable el establecimiento de un sistema semi-mecanizado que permita la duplicación del área de producción familiar. Según el Programa Integrado de Proyectos para el Norte de la Prefectura de La Paz, la financiación de la maquinaria agrícola necesaria provendría de la propia prefectura y del Banco de Desarrollo Productivo, con una tasa de interés del 10%. En el análisis, se ha considerado un equipo básico de maquinarias y herramientas por cada 50 hectáreas de cultivos de caña, en base a los parámetros aplicados en la producción de caña en Santa Cruz. Los propietarios de maquinaria agrícola serán los agricultores, bajo un sistema de propiedad solidaria o colectiva.

Los gastos de operación agrícola son: preparación de suelos, preparación de terreno, siembra, control de malezas, cosecha, transporte y comercialización. Los costos se calculan según los costes unitarios de producción por área (hectárea) o por la cantidad producida (TM). El valor del equipo básico compuesto por un tractor, un arado romano, un cultivador, un abridor de surcos y tres chatas, es de USD 28.300, ascendiendo la inversión total para toda la región a USD 16 millones incluidos los costos financieros. El pago de capital e intereses se efectuará anualmente. El período de gracia sería de un año, sin considerar los seguros y gastos de comisión.

Los costos de transporte de caña de azúcar se estimaron en función de las distancias desde las comunidades correspondientes hasta donde se instalará el ingenio azucarero. Se aplicó un costo por kilómetro y por tonelada métrica transportada de acuerdo a la distancia de cada comunidad.

## El ingenio, capacidad, inversión y costos financieros

En lo que respecta al ingenio, éste será de propiedad de una empresa pública que operará bajo la supervisión de la prefectura de La Paz. Por lo tanto, la compra de materia prima se limitaría a las comunidades que pertenecen al departamento de La Paz. Esta hipótesis se ve reforzada por el hecho de que los miembros del directorio de esta empresa son la Federación de Colonizadores y Organizaciones Económicas Campesinas Indígenas del norte de La Paz que, como los principales demandantes del proyecto, solicitarán derechos exclusivos como proveedores de materia prima.

Se considera una planta de procesamiento que transforma la caña en azúcar refinada y alcohol. El tamaño estimado para el ingenio está determinado por la capacidad de procesamiento de caña, los rendimientos esperados y el crecimiento proyectado. Según las estimaciones realizadas, la capacidad productiva de la región basada en la disponibilidad de mano de obra, permitiría que el primer año de molienda se alcance una superficie de producción de 11,3 mil hectáreas en la región, las cuales se irían incrementando anualmente hasta alcanzar una superficie de 15,5 mil

hectáreas en el año 10 y 20,6 mil hectáreas el año 20 de molienda. Así, el ingenio tendrá una capacidad de molienda de 3,4 mil TM/día el primer año y 6,3 mil TM/día el año 20.

La inversión inicial considera el volumen de caña disponible para la molienda el año 10 (854.000 TM), a un precio de USD 75 por tonelada que entra a la fábrica (UNAGRO 2008), por lo que la inversión inicial alcanzaría los USD 64 millones<sup>7</sup>. La expansión del año 10 requeriría una inversión adicional de USD 21 millones, con lo que el ingenio alcanzaría una capacidad de molienda de 1,1 millones TM/año. Esta capacidad sería suficiente para absorber la provisión de caña de azúcar hasta el final del periodo de análisis<sup>8</sup>. Por lo tanto, la inversión total para el ingenio durante el lapso de tiempo analizado superaría USD 85 millones como monto nominal. De acuerdo a la propuesta de la prefectura, el 44,25% del total de la inversión se realizaría con recursos públicos y el 55,75% restante sería financiado por un préstamo bancario a un plazo de 11 años.

Superficies mayores de producción sólo serían posibles si se considera la instalación de otro ingenio o una inversión aún mayor. Esto tendría que estar acompañado de un proceso de migración intensivo mediante el cual se pueda disponer de la suficiente mano de obra para alcanzar niveles de producción de caña que justifiquen una inversión adicional. Sin embargo, ese escenario no es muy factible en el corto plazo por los siguientes factores:

- El sistema de producción del ingenio azucarero será de base comunitaria, por lo tanto, no será muy fácil el ingreso de mano de obra foránea de manera intensiva a la región.
- El inversionista principal sería el gobierno central y/o la prefectura de La Paz.
- La producción de azúcar del norte de La Paz competirá en los mercados nacionales desde una posición desventajosa, puesto que la industria azucarera tradicional (situada en el oriente) tiene amplia experiencia en este campo<sup>9</sup>.
- Si bien la demanda mundial de alcohol carburante ha crecido bastante durante los últimos años, en Bolivia la industria cañera ha reaccionado lentamente al crecimiento de esa demanda y todavía depende de la producción de azúcar en un 82% (FDTA, 2005). Por ello, el negocio del alcohol todavía es percibido como de alto riesgo, considerando las incertidumbres comerciales, la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles y las perspectivas de que el mercado emergente de los biocombustibles se regule en el mediano plazo.

---

<sup>7</sup> De acuerdo a la información obtenida de la Federación de Productores de Caña de Azúcar de Santa Cruz, un ingenio azucarero con la capacidad requerida para San Buenaventura tendría un costo aproximado de 60 a 70 millones de dólares americanos.

<sup>8</sup> La expansión de la capacidad está contemplada en el proyecto de la prefectura de La Paz.

<sup>9</sup> El consumo anual de azúcar en La Paz y Oruro es mayor a 167.200 TM/año (INE 2005). Por tanto la producción alcanzada con 12.000 hectáreas de caña de azúcar sembradas en el norte de La Paz satisfaría el 37% de esta demanda. Si se siembran 20.000 hectáreas se cubriría el 49% de la demanda de este mercado.

## Operación del ingenio azucarero, ingresos y costos

Se consideraron los costos correspondientes a producción, gestión, mantenimiento y transporte de los productos finales a los mercados. Los gastos de operaciones se calcularon de acuerdo a la información financiera de los ingenios visitados. Aunque la información no pudo ser obtenida en forma desagregada fue posible estimar un porcentaje en relación a las ventas del ingenio, la cual depende de la cantidad producida. Respecto a los costos de mantenimiento del ingenio, se considera un costo anual estimado de acuerdo a los parámetros observados en la zona tradicional de producción de caña en el país y se considera también un mecanismo de reposición de equipos cada 5 años.

Los costos de transporte a los mercados se calcularon de acuerdo a la cantidad producida anualmente por el ingenio, medida en quintales y, considerándose costos de transporte por quintal desde San Buenaventura hasta las ciudades de La Paz y Oruro, teniendo en cuenta que el 86% de la producción se comercializa en la ciudad de La Paz y 14% en la ciudad de Oruro. Los porcentajes de consumo de estas dos ciudades se calcularon en función de la población en ambos departamentos y de la media nacional de consumo per cápita de azúcar, a partir de la información del INE para el año 2007.

Algunas consideraciones importantes respecto al ingenio que fueron utilizadas en la elaboración del Análisis Costo-Beneficio son las siguientes:

- Se considera que las pérdidas de sacarosa representan el 8% del total de sacarosa extraída. Este porcentaje es técnicamente validado para industrias nuevas que poseen tecnología moderna.
- El sistema de distribución de los beneficios de la producción del ingenio se realiza bajo el sistema de “maquila” mediante el cual se asigna 57% de la venta de azúcar para los productores cañeros y el 43% para el ingenio. Este sistema es aplicado en la mayoría de los ingenios del país exceptuando el de Bermejo (Tarija), en el cual el ingenio realiza la compra de la materia prima a los productores cañeros.
- Se considera el precio del azúcar registrado al momento de la realización del segundo trabajo de campo (noviembre 2008), el cual ascendía a USD 17 por quintal (1 quintal equivale a 46 kg) de azúcar refinada<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> La producción mundial de azúcar en el periodo 2008-2009 se contrajo al mismo tiempo que ocurrió un incremento en el consumo global. Sin embargo, debido a los stocks globales existentes no se esperan cambios dramáticos en los precios internacionales del azúcar durante los próximos años (FAO, 2009). De todas maneras, considerando que el mercado de azúcar sufre distorsiones en general, los precios domésticos son siempre vulnerables a cambios en las políticas comerciales internacionales.

- No se aplica ningún factor de conversión de precios entre el análisis financiero y económico. Habiéndose realizado un ajuste del precio internacional del azúcar (USD 16,3 por quintal) en función a los costos de transporte desde Puerto Suárez (Frontera con el Brasil) y la ciudad de Santa Cruz, no se encontraron variaciones significativas que justifiquen la utilización de precios diferenciados.
- Se considera un precio de USD 0,42 por litro de alcohol en puerta del ingenio<sup>11</sup>.
- La tasa de descuento real (sin consideración a la inflación) aplicada en el ACB es de 10% y corresponde a la tasa de interés activa promedio del año 2007, para bancos y mutuales que intermedian créditos comerciales en el sistema financiero boliviano.
- Se considera un valor de rescate de 0 para las inversiones iniciales realizadas en la planta procesadora como de la maquinaria agrícola y, valores de rescate de USD 10,5 millones para la inversión realizada el año 10 en el ingenio (factor de depreciación de 0,05) y USD 786.200 para la maquinaria agrícola adquirida el año 10 (factor de depreciación de 0,075).
- El costo de oportunidad de la tierra es cero, es decir, el acceso a tierra es gratis. Esto es porque no existe mercado de tierras en la región y todas las tierras fueron distribuidas por el Estado.
- Se asume que los productores, con el apoyo de los actores públicos, tendrán la capacidad de pasar de su actual sistema de producción a un sistema semi-mecanizado.
- Se asume que existe una etapa de investigación y experimentación previa en la que se han conseguido las variedades de caña aptas para la zona. Estas actividades de investigación y experimentación fueron y aún están siendo desarrolladas por el municipio de San Buenaventura, sin embargo, los costos correspondientes a las mismas no serán considerados en el presente análisis.

## Costos tributarios

El sistema tributario boliviano establece que las actividades productivas desarrolladas en el territorio nacional por empresas públicas y/o privadas son sujetos de gravamen del Impuesto al Valor Agregado (IVA), el Impuesto a las Transacciones (IT) y el Impuesto a las Utilidades de las Empresas (IUE). El IVA grava a quienes realicen operaciones comerciales que impliquen venta de productos y/o servicios y tiene una alícuota única y general del 13% que se paga mensualmente sobre el monto total de los ingresos generados por la actividad en el período declarado. El IT, grava el total de los ingresos brutos devengados por el ejercicio de cualquier actividad lucrativa o no, tales como el comercio o industria y tiene una alícuota del 3%. Finalmente el IUE se paga sobre la utilidad neta, en el caso de empresas públicas y privadas y, tiene una alícuota del 25%, la cual puede ser deducida del IVA e IT pagado durante cada año. Así mismo, la depreciación

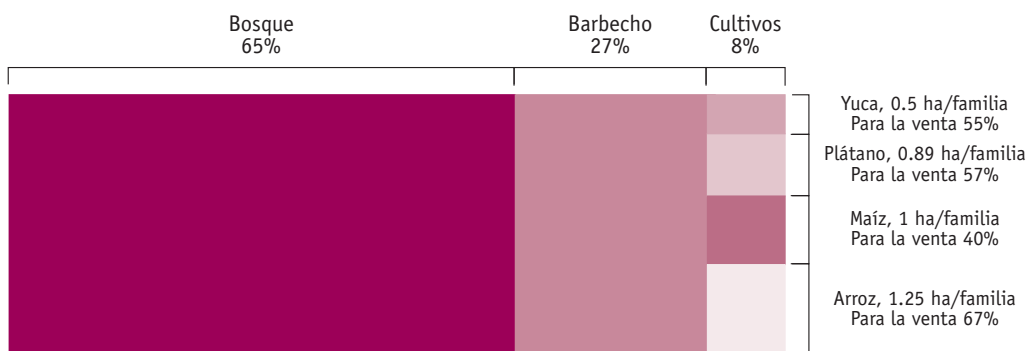
<sup>11</sup> *Los ingenios azucareros del país que están produciendo alcohol en la actualidad están vendiendo su producción bajo la modalidad de entrega en puerta de ingenio.*

de activos puede ser deducida del IUE. Respecto al IUE, se considera que el Ingenio de San Buenaventura se podría acoger al artículo 18 de la Ley de Inversiones, que libera de los impuestos sobre utilidades y renta total de la inversión, durante los primeros 10 años, a empresas que generan fuentes de empleo en zonas de menor desarrollo relativo en el país.

## Superficies de producción de caña de azúcar y sustitución de cultivos tradicionales

La figura 2 describe la estructura actual promedio de una parcela de 50 hectáreas en la región y fue construida sobre la base del trabajo de campo<sup>12</sup>. A partir de esta situación inicial, la instalación del ingenio azucarero y la consecuente expansión de la producción de caña de azúcar, generarían procesos de sustitución de bosque, barbecho y cultivos tradicionales por cultivos de caña de azúcar, esto determinaría un nuevo escenario en cuanto a la distribución de parcelas.

FIGURA 2. ESTRUCTURA ACTUAL DE UNA PARCELA



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Estos porcentajes reflejan la situación actual. No existe evidencia sobre la distribución de las parcelas en el pasado.

Las áreas de sustitución se calcularon basándose en información relativa a la predisposición de los agricultores locales para sustituir sus cultivos actuales, las reservas de bosques y las áreas de barbecho existentes. De acuerdo a la información de campo recolectada en una etapa inicial, el 42% de las tierras que serían habilitadas para la producción de caña de azúcar correspondería a bosques<sup>13</sup>, el 31,5% a sustitución de cultivos y el 26,5% a barbechos.

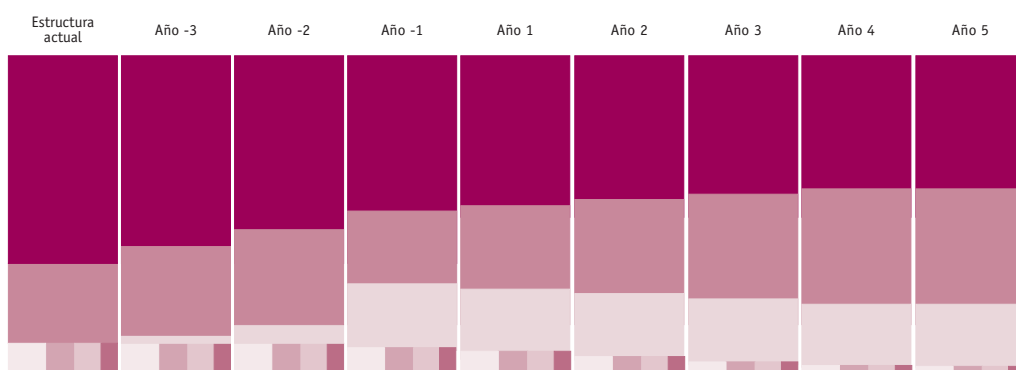
<sup>12</sup> Estos porcentajes reflejan la situación actual. No existe evidencia sobre la distribución de las parcelas en el pasado.

<sup>13</sup> De acuerdo a un estudio de Meloni realizado para el Instituto para Negociaciones de Comercio Internacional, el crecimiento de los cultivos de caña de azúcar fue responsable de solamente el 32% de incremento de la superficie cultivada sobre bosques en el Mato Grosso-Brasil en el periodo 2002-2006. El resto de la expansión ocurrió en otros cultivos y barbechos.

Posteriormente se estableció el porcentaje de la superficie actual de cada uno de los cultivos que sería reemplazada por caña, también a partir de la información recopilada en este estudio. Determinándose que la sustitución inicial en el año previo a la primera molienda, los productores reemplazarían el 13,7% de sus cultivos de arroz, 5,4% de yuca, 4,1% de plátano, 4,1% de maíz y 4% de otros productos (la suma corresponde al 31,5% de sustitución de cultivos).

La sustitución parcial de cultivos supone que, a pesar de que el cultivo de caña es más rentable que los cultivos tradicionales, los agricultores son adversos al riesgo y si bien ingresan al negocio de la caña, mantienen también una superficie de cultivos tradicionales. El porcentaje de cultivos que son comercializados se reduce en 25% cada año, hasta que se reemplaza toda la superficie de producción para comercialización. Considerando que la caña probablemente sería más rentable que otros cultivos, a partir del año 5 se mantiene la superficie de producción requerida para abastecer el autoconsumo de cada familia, como se describe en la figura 3.

FIGURA 3. ESQUEMA DE SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CULTIVOS EN UNA PARCELA



Fuente: Elaboración propia.

Calculadas las áreas de reemplazo de cultivos, se procede a calcular las superficies de sustitución de bosque y barbecho para caña, tomando en cuenta la existencia previa de tierras habilitadas para la caña. La superficie previamente habilitada más las superficies de sustitución, son la base para cada año en cuestión. El resto de la superficie requerida cada año se obtuvo a partir de relaciones porcentuales definidas según el levantamiento de información primaria (42% de bosque y 26% de barbecho).

El supuesto de que los productores no sólo ocuparán superficies de bosque y barbecho para producir caña sino que también harán sustitución de cultivos, se sustenta en el hecho de que actualmente cada familia maneja en promedio 3,64 hectáreas de cultivos tradicionales. Por lo tanto, asumiendo el supuesto de que al incursionar en la producción de caña a través de un sistema de producción semi-mecanizado, cada familia tendría entre 5 y 10 hectáreas de producción, se puede inferir que estas familias no dispondrán de la mano de obra y los recursos financieros suficientes para mantener sus cultivos tradicionales inalterados.

## Costos de oportunidad agrícolas

Para la construcción de los costos de oportunidad agrícola, se consideran las estimaciones realizadas en cuanto a las superficies de reemplazo (superficie de otros productos agrícolas que se convierten a la producción de caña). Además se consideran los beneficios netos por hectárea para cada uno de los cuatro productos agrícolas de mayor importancia económica en la región. La tabla 3 describe los beneficios netos por hectárea según producto, la superficie promedio cultivada por familia y el porcentaje de la producción total de cada producto que es comercializada.

TABLA 3 - BENEFICIOS NETOS DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS ACTUALES

|                                             | Arroz | Yuca  | Plátano | Maíz  |
|---------------------------------------------|-------|-------|---------|-------|
| Porcentaje comercializado                   | 66    | 55    | 56      | 40    |
| Venta por artesanías, poleras, libros y bar | 1,25  | 0,50  | 0,89    | 0,98  |
| Beneficio neto anual por hectárea (USD)     | 958,2 | 784,7 | 637,8   | 337,6 |

Fuente: Elaboración propia.

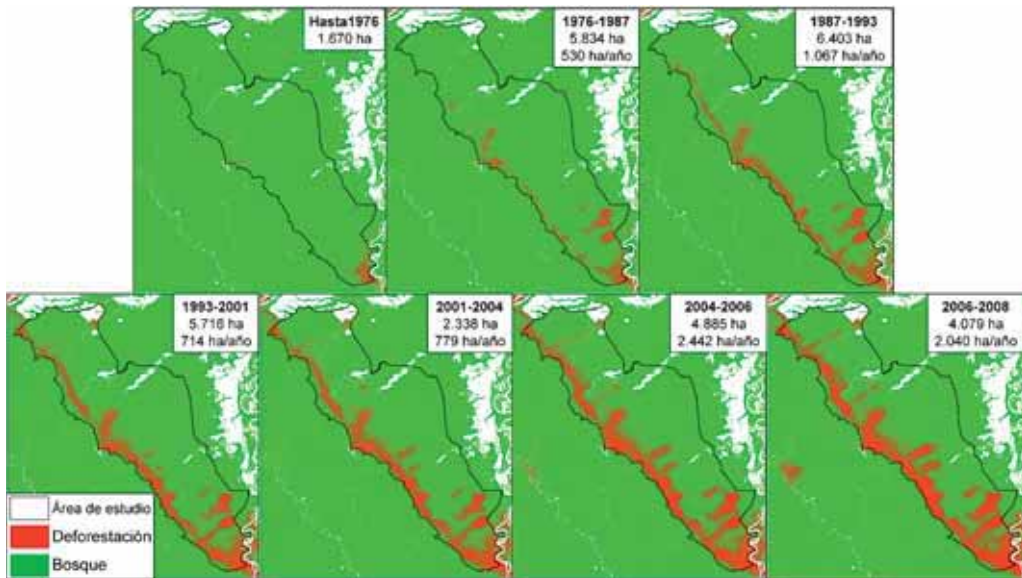
En función a los beneficios netos obtenidos por producto y la superficie de sustitución establecida para cada producto, se obtuvieron los ingresos netos que dejarían de percibirse como consecuencia de la movilidad del capital físico y humano hacia la producción de caña. La suma de estos ingresos netos representa el costo de oportunidad agrícola de la producción de caña.

## Deforestación y expansión de la frontera agrícola

La figura 4 muestra que la intervención humana en el área de estudio se inició antes de 1976, en ese momento el impacto sobre la cubierta forestal es relativamente bajo y situado principalmente al sur-este de San Buenaventura. Después, a principios de los 80, fue construida la carretera San Buenaventura-Ixiamas, las minas en las tierras altas de Bolivia fueron cerradas y comenzó un proceso de migración a esta área. Después de que los principales asentamientos se consolidaron en la región, la deforestación se hizo más intensa en torno a estas poblaciones y la carretera. Hoy en día la carretera es el principal eje de comunicación y la población está empezando a crecer y deforestar hacia los lados de la misma, mostrando el típico patrón de hueso de pescado que se observa en el Amazonas.



FIGURA 4. CAMBIO DE COBERTURA DEL SUELO HASTA 2006



Fuente: Elaboración propia a partir de información de Killeen *et al.*, 2007, el diagnóstico de Información para la Gestión de la tierra Planes Municipales de San Buenaventura e Iximas y, Conservación Internacional-Bolivia).

La deforestación actual en la zona de estudio se explica básicamente por la expansión de frontera de cultivos de arroz y maíz. Para ambos cultivos, usualmente se habilita cada año una superficie de bosque primario y, generalmente, el área cultivada no se vuelve a utilizar al año siguiente para el mismo cultivo. Se prefiere el uso de tierras con bosque primario debido a que los rendimientos son más altos y además se requiere menos inversión en el mantenimiento de los cultivos debido a que el primer año no crecen malezas.

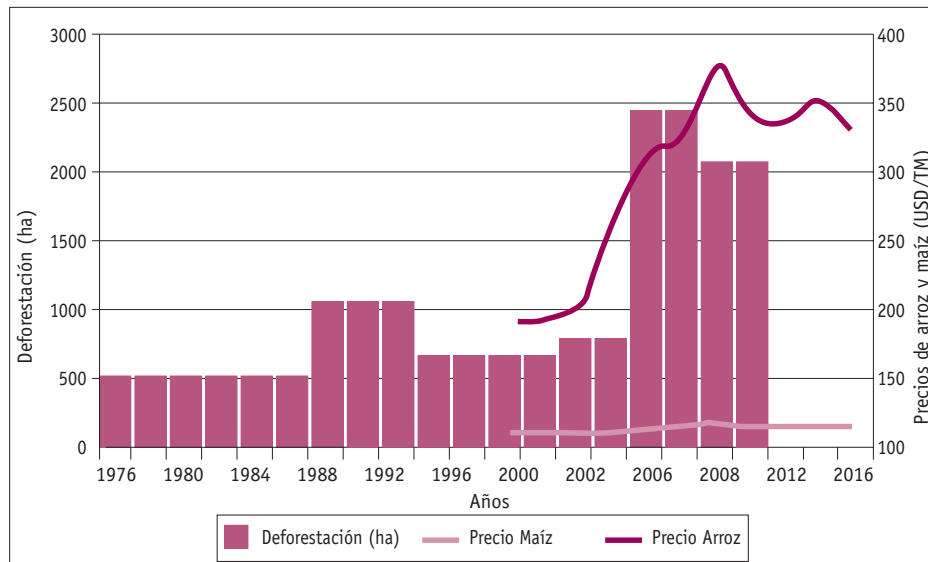
A través de información derivada de imágenes de satélite es posible observar que hasta la fecha fueron deforestadas 27.000 hectáreas en la región de estudio. La tasa de deforestación se ha incrementado significativamente durante los últimos años, ya que de 530 hectáreas/año deforestadas a finales de los años 70 y principios de los 80, se pasó a 2.500 hectáreas/año entre 2004 y 2006.

El incremento de las tasas de deforestación puede ser explicado por varios factores, los cuales inciden en diferente proporción, pero en todos los casos tienen un impacto negativo sobre la cobertura boscosa. Entre los principales factores podemos citar los siguientes:

- a) *El crecimiento de la población*, ya que a finales de los años 70, el número de habitantes en la región era menos de la mitad de la población registrada en 2001 y un tercio de la población actual. Este crecimiento demográfico representa un incremento de la demanda interna de alimentos, lo cual incide en un aumento de la producción para subsistencia de productos tradicionales como el arroz y el maíz.

- b) *El dinamismo económico* observado durante los últimos años en centros poblados próximos, tales como Rurrenabaque e Ixiamas, donde las actividades turísticas y forestal maderable respectivamente, crecieron significativamente ocasionando un incremento en la demanda de alimentos en la región. Se espera que ambas actividades continúen creciendo durante los próximos años.
- c) *El incremento de los precios internacionales del arroz y el maíz*, los cuales, empezaron a incrementarse aceleradamente a partir del año 2000<sup>14</sup>, alcanzando su nivel máximo el 2008 y con perspectivas de mantenerse en un nivel elevado durante los próximos años (FAO, 2008) (ver figura 5). Según proyecciones de la FAO y la OECD se espera que para los próximos 10 años los precios del maíz aumentarán en 27% y los del arroz en 9% (Cox, 2008). En ese contexto y suponiendo condiciones climáticas normales se esperaría que el proceso de habilitación de tierras para la producción de ambos cereales mantenga un comportamiento creciente en el mediano plazo.

FIGURA 5. TASAS DE DEFORESTACIÓN ANUAL ENTRE LOS DIFERENTES PERIODOS DE OBSERVACIÓN PROCEDENTES DE IMÁGENES DE SATÉLITE LANDSAT TM



Fuente: Elaboración propia.

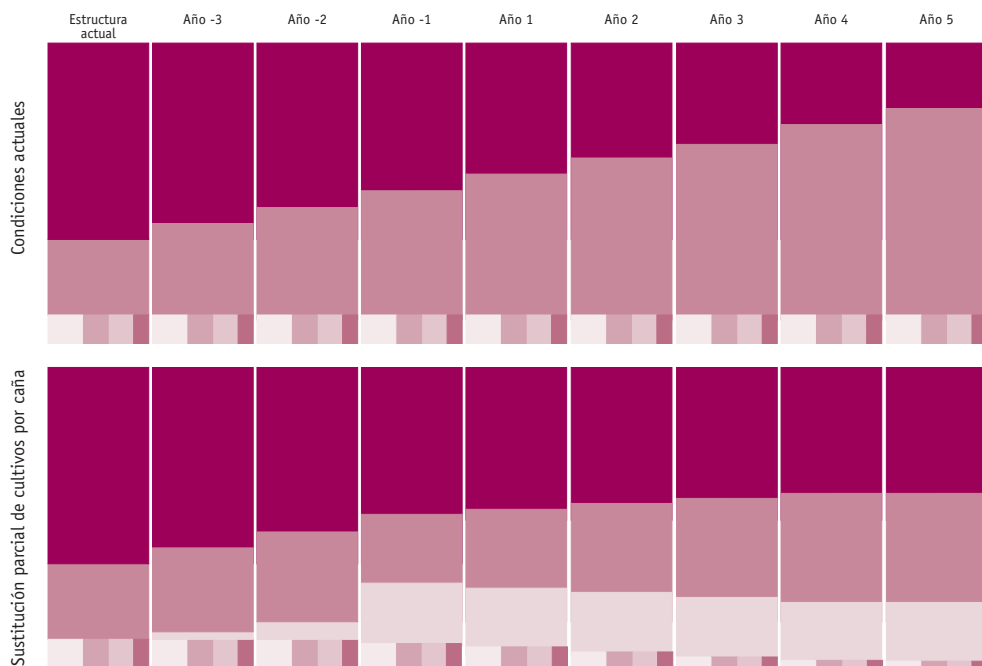
Estas tasas de deforestación medidas con sensores remotos (2004-2006) coinciden con la información obtenida de encuestas realizadas un año más tarde, donde las 1.252 familias en el área de estudio requieren habilitar 2.800 hectáreas/año teniendo en cuenta que cada familia necesita 2,25 hectáreas/año para la plantación de arroz y maíz. Si la industria de la caña de azúcar se implementa y los productores participan en el negocio bajo un sistema de sustitución parcial, dejarían de utilizarse por lo menos 1.400 hectáreas de bosque para la plantación de maíz y arroz cada año.

<sup>14</sup> El precio internacional del arroz (principal producto agrícola en la región) se incrementó en más del 50% entre 2000 y 2006.

En el caso de la caña de azúcar, se espera que la superficie habilitada sea re-utilizada cada año, ya que las características propias de la caña no exigen rotación de cultivos. Así, una vez obtenida la superficie básica para la primera molienda (casi 11 mil hectáreas), los años posteriores se habilitan superficies que van entre 100 y 350 hectárea/año, representando éste un crecimiento moderado de la frontera de caña. Debido a la sustitución de los cultivos tradicionales por caña, se prevé una reducción en la deforestación total equivalente a 19.000 hectáreas de bosque primario para un período de 20 años, esto por la existencia de un cultivo más eficiente y que no requiere habilitación de una nueva superficie anualmente.

La proyección de la deforestación que se muestra en la figura 6 compara la situación media actual con la situación prevista en caso de que se introduzca la caña de azúcar. Se observa que en el caso de que se cultive caña, la deforestación se incrementa fuertemente los primeros años, pero luego va reduciendo, mientras que sin caña, la deforestación sería creciente y constante.

FIGURA 6. COMPARACIÓN ENTRE EL ESQUEMA ACTUAL DE USO DE UNA PARCELA Y EL ESQUEMA CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CULTIVOS EN UNA PARCELA



Fuente: Elaboración propia.

La proyección de deforestación para caña se realizó considerando: i) número de familias que participarían del negocio, ii) crecimiento demográfico estimado para la región, iii) incorporación de tierras para producción de caña de esas familias de acuerdo al cronograma definido en la tabla 6 y iv) crecimiento anual promedio de las plantaciones de caña en el país como explicación a procesos migratorios moderados que podrían provenir de regiones próximas.

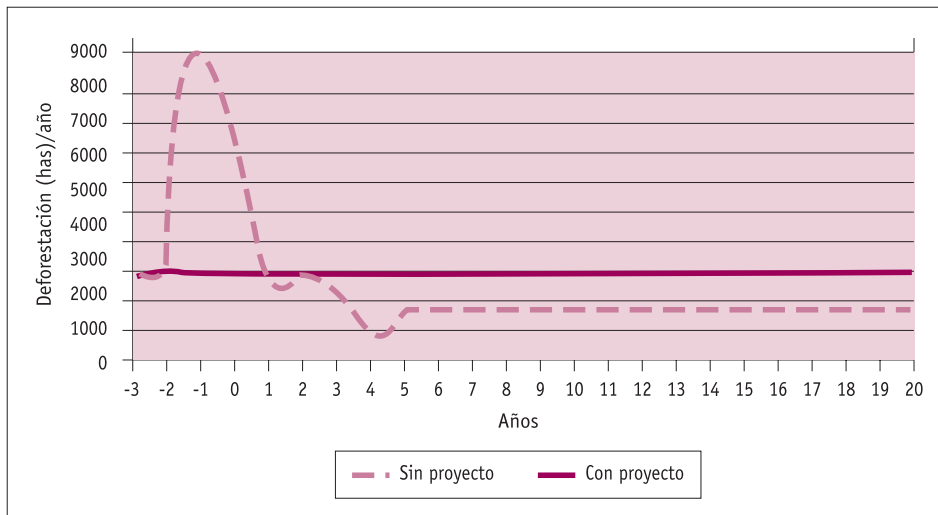
En la figura 7 se compara la deforestación acumulada neta con y sin el proyecto de caña. Se observa que la deforestación con el proyecto es menor a la deforestación con el sistema actual de cultivos en la zona, ya que cada año se deforestan entre una y cuatro hectáreas por familia para el cultivo de arroz y maíz, mientras que la caña no requiere de la habilitación de nuevas tierras una vez alcanzada determinada superficie.

Durante los primeros años, cuando se realiza la expansión de superficie para cultivos de caña, la deforestación es mayor por la habilitación de tierras con bosque para el cultivo de caña. Sin embargo, los años posteriores la deforestación con el proyecto de caña sería menor debido a las características del cultivo, que es más eficiente en términos de requerimientos de tierra. La proyección de deforestación considera que los niveles de deforestación para arroz y maíz mantienen la media de 2,25 hectáreas/familia, por lo que la producción de caña de azúcar evitaría la deforestación de 19.000 hectáreas de bosque durante el período de análisis considerado. En el caso de tasas de deforestación menores e inclusive, considerando la deforestación mínima posible (la que ocurriría si se produce sólo para autoconsumo), si se cumple el supuesto de sustitución de cultivos, el proyecto evitaría la pérdida de bosque<sup>15</sup>. Solamente si un tercer actor se involucra se puede esperar que 18.700 hectáreas adicionales de bosque sean deforestadas.

## Valor económico del bosque

Considerando que la mayor parte del impacto del proyecto afectaría áreas boscosas, se calculó una aproximación de las posibles externalidades positivas o negativas en la cobertura boscosa, tomando en consideración las proyecciones de deforestación.

FIGURA 7. DEFORESTACIÓN ACUMULADA NETA



Fuente: Elaboración propia.

<sup>15</sup> En caso de que se considere la deforestación mínima posible, la deforestación neta evitada con el proyecto de caña de azúcar sería de 932 hectáreas.

Según Seroa da Motta (2008), el valor económico total VET de una hectárea de bosque se divide en valores de uso y valores de no uso. A su vez, los valores de uso se sub dividen en valores de uso directo (VUD), valores de uso indirecto (VUI) y valores de opción (VO). En cuanto a los valores de no uso, estos están representados por el valor de existencia (VE).

$$VET=VUD+VUI+VO+VE$$

La fórmula anteriormente descrita permite estimar un valor aproximado del bosque y, en consecuencia, determinar en términos monetarios la pérdida o ganancia que podría ser generada por una externalidad ambiental que, en este caso, estará explicada por el incremento o disminución de la cobertura vegetal.

Es raro que todos los valores puedan ser obtenidos para un área particular y este caso no fue una excepción. El VUD no fue cuantificado. El VUI consideró los servicios de mantenimiento y provisión de agua, regulación climática global y local; el VO consideró potencial de bioprospección para productos farmacéuticos y agrícolas; y el VE consideró la biodiversidad (ver tabla 4).

**TABLA 4 - PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LA VALORACIÓN DE EXTERNALIDADES AMBIENTALES**

| Parámetros                                        | Valor   | Unidad     |
|---------------------------------------------------|---------|------------|
| Regulación climática local y global <sup>16</sup> | 2.261,3 | USD/ha/año |
| VUI del reciclaje del agua (1)                    | 10,0    | USD/ha/año |
| VUI de la regulación del clima local (2)          | 19,0    | USD/ha/año |
| VO de la bio-prospección (3)                      | 0,2     | USD/ha/año |
| VE de la biodiversidad (3)                        | 31,2    | USD/ha/año |

Fuente: Elaboración propia.

(1) Andersen, 1997

(2) Fearnside, 1997

(3) Seroa da Motta 2002; Clarckson 2000 y Simpson, Sedjo y Reid 1996

El VET estimado no considera otros valores del bosque tales como los que provienen de la extracción de materias primas no maderables, las funciones que cumple el bosque en lo que se refiere a control de inundaciones, control de erosión, reciclaje de nutrientes, protección contra incendios y, finalmente, los beneficios de existencia. Aún cuando el estudio considera el manejo de agua y desperdicio como parte de los costos de producción del ingenio, no considera otras posibles externalidades ambientales como la contaminación del agua y del aire que podría ser causada por el vertido de residuos inesperados y el uso de fertilizantes. Los costos correspondientes a las externalidades ambientales negativas, generadas por la contaminación del suelo, cuando se aplican fertilizantes y plaguicidas, tampoco se consideraron ya que los impactos ambientales de estos insumos, para el manejo de cultivos agrícolas en el área de estudio, no se conocen en la actualidad por la ausencia de experiencias.

<sup>16</sup> Este valor considera 225,7 TM/hectárea de biomasa (Murakami y Jorgensen 2008), un factor de conversión de biomasa a carbono de 0,5, un factor de conversión de carbono a CO2 de 3,67 y un precio de USD 5,46 por TM de CO2.

Debido a las características de la región, por ejemplo, pendientes leves (0-3%) y la regeneración rápida de la vegetación, se espera que la erosión de los suelos sea mínima. En el caso de áreas cercanas a ríos y arroyos, se considera un bajo riesgo de erosión dado que no se cultivará en ellas. Por tanto la erosión no se tomó en cuenta porque los efectos de la plantación de caña de azúcar son mínimos.

La eutrofización del área podría ocurrir en algunos lugares dado que los cursos de agua se estancan debido a la topografía. Esto podría impactar en la vida acuática debido al uso de fertilizantes en plantaciones de caña cercanas a ríos. A pesar de que la mayoría de la producción no se concentrará en este tipo de áreas vulnerables, algunos efectos ambientales podrían generarse, aunque no fueron considerados.

Por último, las emisiones ocasionadas por la quema de bagazo<sup>17</sup> y combustión de diesel<sup>18</sup> no se cuantifican como externalidades negativas, ya que por cada hectárea de caña, se capturaría en la atmósfera al menos 25 TM de carbono, mientras que sólo 12,8 TM serían emitidas por las quemaduras. En consecuencia, la no consideración de estas externalidades podría más bien representar una sobre estimación de las externalidades ambientales negativas.

## Generación de electricidad a partir del ingenio y posibilidades de generación de ingresos a partir de un proyecto MDL

El norte de La Paz es una zona deficitaria de energía y las poblaciones que habitan en la región acceden a la electricidad generada por sistemas aislados, los cuales funcionan a base de energía fósil. La instalación del ingenio azucarero en San Buenaventura representaría una oportunidad para poder sustituir las actuales fuentes de generación que utilizan diesel subsidiado, por energía más limpia proveniente de sistemas de vapor a partir de la quema del bagazo<sup>19</sup>. La instalación de una planta de generación permitiría abastecer de manera regular los requerimientos energéticos de las poblaciones de San Buenaventura, Ixiamas y Rurrenabaque, al menos durante los meses de zafra.

Para ello, se requeriría invertir adicionalmente en un sistema de cogeneración local que produzca la energía necesaria para el funcionamiento del ingenio. Los excedentes podrían venderse al Sistema Interconectado Nacional (SIN) representando esta venta un ingreso adicional para el ingenio. Se requeriría de una inversión adicional de USD 7 millones para una planta de cogeneración con un turbogenerador de 16MW de potencia instalada, de los cuales, el 15% representaría la potencia de reserva (Comité Nacional de Despacho de Carga, 2009).

---

<sup>17</sup> El 60% del bagazo será quemado para generar energía para la operación de la fábrica.

<sup>18</sup> 0,0026 TM de CO<sub>2</sub> por litro.

<sup>19</sup> Cada TM de bagazo que sea producida por el ingenio permitiría generar 3,0125 MWh de energía.

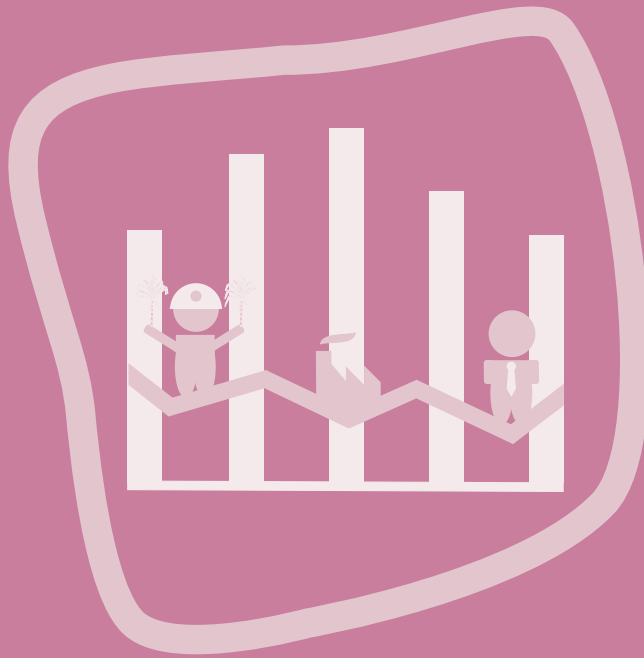
Los ingresos por energía serían equivalentes a USD 7.000 por MW instalado y USD 12,5 por MWh generado<sup>20</sup>. Asimismo, sería posible obtener ingresos adicionales por el cambio de energía a través de un proyecto Modelo de Desarrollo Limpio (MDL), siendo posible obtener 0,5 certificados de generación por cada MWh que sea entregado por la planta, los cuales, podrían ser vendidos al mercado voluntario a un precio de USD 10 por certificado.

---

*20 De acuerdo a las regulaciones bolivianas, una planta de poder recibe un pago del Sistema Nacional Interconectado de Electricidad de USD 7.000 anuales por MW instalado y, adicionalmente, USD 12,5 por MWh producido.*









## Resultados

## Análisis financiero de la producción de caña y derivados

Bajo los supuestos descritos anteriormente y, considerando un rendimiento constante de 55 TM/hectárea y un contenido de sacarosa de 12,5%, se obtiene un VPN negativo de USD 15 millones, y una TIR equivalente a 6,16% para la industria en su conjunto (productores agrícolas y planta industrial).

No obstante, este resultado depende de los rendimientos y del contenido de sacarosa que pueda ser obtenido, variables inciertas. Se realizó un análisis de sensibilidad a través del cual fue posible determinar que para que la industria obtenga un VPN positivo, sería necesario alcanzar rendimientos iguales o superiores a 60 TM/hectárea y contenidos de sacarosa superiores a 12,5% (ver anexo 3).

Realizando un análisis diferenciado entre la producción agrícola de caña de azúcar y la planta industrial transformadora de caña en azúcar y alcohol, se obtiene que bajo los supuestos considerados para la producción agrícola se tiene un VPN positivo de USD 19,3 millones y una TIR equivalente a 31,9%, mientras que para la planta industrial se obtiene un VPN negativo de USD 34,3 millones y una TIR menor a cero. En consecuencia, del análisis financiero es posible concluir que bajo los supuestos considerados existe un sector ganador representado por los productores agrícolas y, un sector perdedor que serían los inversionistas y propietarios de la planta industrial. Por lo tanto, en última instancia la actividad de procesamiento no puede continuar sin subsidios públicos al ingenio o sin que se defina una asignación distinta de los ingresos generados por el mismo entre los productores agrícolas y la planta industrial.

Otras variables que pueden incidir significativamente sobre la factibilidad de la industria son los precios de los productos finales que serían producidos por el ingenio, que serían azúcar refinada y alcohol. El análisis realizado consideró precios vigentes al momento en que se recopiló la información primaria, sin embargo, los precios de ambos productos y, en particular, del azúcar refinada, son bastante fluctuantes, por lo que es necesario analizar la viabilidad de la industria ante fluctuaciones de precios. Por esta razón se incluyó un análisis de sensibilidad a cambios en los precios.

Realizado el análisis de sensibilidad de precios, es posible establecer que la industria en su conjunto alcanzaría una viabilidad financiera si los precios del azúcar se incrementan de USD 17 a USD 18 por quintal y simultáneamente el precio del alcohol se incrementa de USD 0,42 a USD 0,52. A través de este análisis fue posible determinar también que la industria es mucho más sensible a variaciones en el precio del azúcar que a variaciones en el precio del alcohol (ver anexo 4).

## Análisis económico de la producción de caña y sus productos derivados

Introducidas las correcciones fiscales, incluyendo las externalidades positivas debidas a la deforestación evitada y considerando los rendimientos y contenido de sacarosa promedio, se obtiene un VPN positivo de USD 12,1 millones y una TIR de 12,2% para toda la industria. De este resultado se puede concluir que, si se cumplen los supuestos considerados y se alcanzan los rendimientos y contenidos de sacarosa supuestos, la industria sería económicamente deseable.

Realizando un análisis de sensibilidad en función a los rendimientos y contenidos de sacarosa se pudo concluir que toda industria dejaría de ser económicamente deseable si los contenidos de sacarosa son menores a 12,5% y los rendimientos menores a 55 TM/hectárea, simultáneamente (ver anexo 5).

El análisis diferenciado entre la producción agrícola de caña de azúcar y la planta industrial transformadora de caña en azúcar y alcohol, da los siguientes resultados: para la producción agrícola se tiene un VPN positivo de USD 25,3 millones y una TIR equivalente a 23,2%, mientras que para la planta industrial se obtiene un VPN negativo de USD 7,18 millones y una TIR de 8,34%. En consecuencia, es posible concluir que bajo los supuestos considerados la industria azucarera es deseable para la economía nacional, a pesar de que exista un sector perdedor que serían los inversionistas y propietarios de la planta industrial.

Al realizar un análisis de sensibilidad de precios económico, es posible determinar que para que la industria en su conjunto deje de ser económicamente viable, el precio del azúcar tendría que caer a USD 16 por quintal y el precio del alcohol debería mantenerse (ver anexo 6).

## Análisis financiero y económico incluyendo la generación de energía eléctrica

Considerando la provisión de energía eléctrica como nueva fuente de ingresos para el ingenio, la industria en su conjunto tendría un VPN económico mayor, equivalente a USD 16,5 millones y la pérdida económica para el ingenio se reduciría a USD 2,7 millones. Sin embargo, si bien el ingenio mejoraría su situación económica, el VPN financiero continuaría siendo negativo (USD 29,9 millones) y los requerimientos y la demanda de subsidios públicos para su funcionamiento persistirían (ver tabla 5).

TABLA 5. ANÁLISIS FINANCIERO Y ECONÓMICO CONSIDERANDO LA GENERACIÓN DE ENERGÍA

| Análisis   | Actores           | VPN (USD millones) | TIR (%) |
|------------|-------------------|--------------------|---------|
| Financiero | Toda la industria | -10,5              | 7,6     |
|            | Productores       | 19,3               | 32,0    |
|            | Ingenio           | -29,9              | 0,4     |
| Económico  | Toda la industria | 16,5               | 12,8    |
|            | Productores       | 25,3               | 23,3    |
|            | Ingenio           | -2,7               | 9,4     |

Fuente: Elaboración propia, 2007

Estos resultados consideran los ingresos que se generarían a través de un proyecto de MDL. Si estos ingresos adicionales no se consideran, el VPN de toda la industria sería de USD 15 millones, y la planta industrial tendrá un VPN económico negativo de USD 4,3 millones. Una vez más, la situación financiera de la fábrica daría como resultado un VPN negativo (USD 31,5 millones).

## Análisis económico sin considerar un sistema de producción comunal y si los supuestos no se cumplen

Los resultados presentados hasta el momento fueron obtenidos considerando que los supuestos planteados anteriormente se cumplen. Sin embargo, existen muchos factores que podrían afectar el proceso de toma de decisiones final, con el resultado de que los supuestos no se cumplan y la deforestación se incremente.

La pérdida de cobertura boscosa implica una externalidad negativa y en consecuencia un costo para la economía nacional. Incorporando este costo al ACB se obtiene un VPN económico negativo de USD 13,6 millones y una TIR de 7,9%. El valor obtenido, representa solamente una parte de la pérdida total, ya que los valores del bosque considerados para este análisis representan tan sólo una parte de su valor total. En este caso, el proyecto no sería económicamente viable ya que generaría pérdidas significativas a la economía nacional.

## Análisis de riesgo

En el análisis de riesgo se consideró posibles fluctuaciones en variables tales como los rendimientos, el contenido de sacarosa y la eficiencia del ingenio medida a través del porcentaje de pérdidas de sacarosa. Los parámetros utilizados para cada una de estas variables se describen en la tabla 6.

TABLA 6. VARIABLES Y PARÁMETROS CONSIDERADOS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO

| Variable              | Valor considerado para el análisis convencional | Tipo de distribución | Valor máximo | Valor mínimo |
|-----------------------|-------------------------------------------------|----------------------|--------------|--------------|
| Rendimiento           | 55 TM/ha                                        | Triangular           | 70 TM/ha     | 40 TM/ha     |
| Contenido de sacarosa | 12,5%                                           | Triangular           | 15%          | 10%          |
| Pérdidas de sacarosa  | 8%                                              | Normal               | 8%           | 0%           |
| Número de familias    | 1.252                                           | Triangular           | 2.250        | 750          |

Fuente: Elaboración propia, 2007.

La tabla 7 describe la probabilidad de que la industria azucarera sea financiera y económicamente factible, considerando a la industria en su conjunto, como también de manera individual a cada una de las partes.

TABLA 7: PROBABILIDAD DE QUE LA INDUSTRIA SEA FINANCIERA Y ECONÓMICAMENTE VIABLE

| Resultado                                                 | Probabilidad de ocurrencia (%) |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Industria financieramente                                 | 14,5                           |
| Productores agrícolas financieramente                     | 84,8                           |
| Ingenio financieramente                                   | 0                              |
| Industria económicamente                                  | 62,5                           |
| Productores agrícolas económicamente                      | 92,6                           |
| Ingenio económicamente                                    | 7,4                            |
| Industria si los supuestos de deforestación no se cumplen | 20,9                           |

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La distribución probabilística y los datos estadísticos están descritos en el anexo 7.

## Análisis distributivo

Considerando la información y supuestos utilizados para analizar la viabilidad financiera fue posible establecer que el VPN para el gobierno, como propietario del ingenio azucarero, tendría un valor negativo de USD 34,3 millones. Por otro lado, el VPN para los productores agropecuarios alcanzaría un valor positivo de USD 19,3 millones.

Una manera de que el ingenio alcance su sostenibilidad financiera sería modificando los porcentajes de distribución de los beneficios, es decir, incrementando el porcentaje de los ingresos que se destina al ingenio. Aplicando un análisis de optimización y utilizando Crystall Ball v.11 como herramienta y, con el objeto de establecer la solución óptima, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- La distribución de ingresos por la venta de azúcar con la cual la industria minimizaría sus pérdidas en términos financieros, es aquella en la que el ingenio recibe el 51,6% y los productores el 48,4%. Con esta distribución el VPN financiero para los productores sería de USD 178.000, mientras que el VPN financiero del ingenio continuaría teniendo un valor negativo de USD 15,2 millones. Aunque las pérdidas son menores, toda la

industria sigue teniendo un VPN negativo. Sin embargo, en términos económicos, con la nueva distribución es posible obtener un VPN positivo para el ingenio (ver tabla 8).

- No es posible alcanzar una solución en la cual no existan pérdidas financieras para el ingenio, esto determina que los subsidios públicos serán necesarios de cualquier manera.

TABLA 8: RESULTADOS FINANCIERO Y ECONÓMICO CONSIDERANDO UNA NUEVA DISTRIBUCIÓN DE BENEFICIOS

| Análisis   | Actores           | VPN (USD millones) | TIR (%) |
|------------|-------------------|--------------------|---------|
| Financiero | Toda la industria | -15,0              | 6,4     |
|            | Productores       | 0,178              | 10,2    |
|            | Ingenio           | -15,2              | 5,5     |
| Económico  | Toda la industria | 16,5               | 12,8    |
|            | Productores       | 6,1                | 13,6    |
|            | Ingenio           | 16,4               | 13,2    |

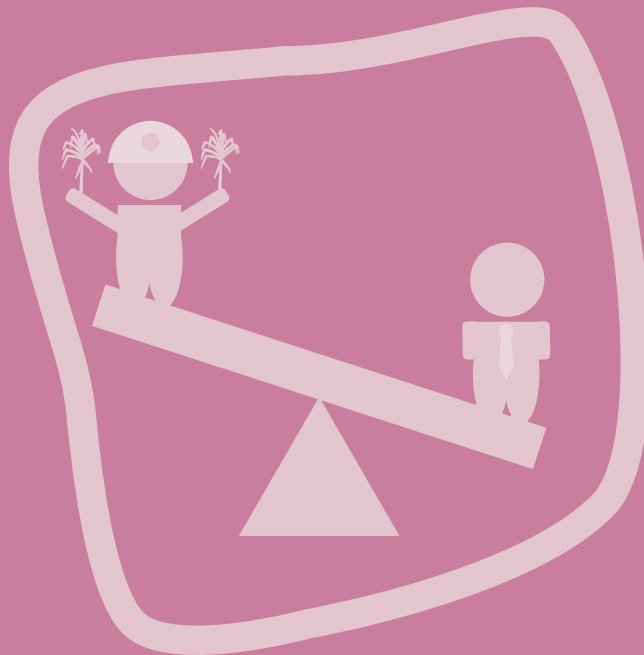
Fuente: Elaboración propia.

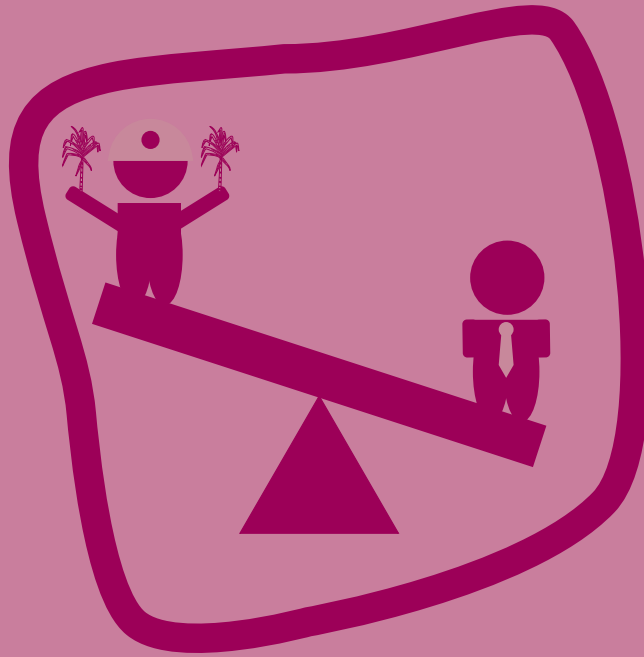
Respecto a los consumidores de azúcar refinada de los departamentos de La Paz y Oruro y los productores de Santa Cruz, no se tiene un análisis cuantitativo. Sin embargo, es posible inferir por un criterio económico que ante la presencia de un nuevo productor, los precios del azúcar podrían disminuir en beneficio de los consumidores. En este caso, los productores de Santa Cruz serían los potenciales perdedores por la posible disminución de precios y la reducción de su mercado.

Sin embargo, la disminución de precios podría afectar también al nuevo productor de azúcar y esto modificaría los resultados del presente análisis. Es decir, variaciones en los precios podrían incidir en la factibilidad financiera y económica de la industria azucarera de San Buenaventura, como se demostró en el análisis de factibilidad de precios. Este análisis no es parte de la presente investigación, sin embargo, representa un elemento que ayuda a reflexionar sobre la pertinencia de desarrollar una industria para abastecer un mercado cuya demanda está completamente satisfecha.









## { Conclusiones y recomendaciones

**L**a viabilidad del proyecto agro-industrial de San Buenaventura depende, en gran medida, de la competitividad que pueda alcanzarse en la producción de la materia prima en la fase agrícola, es decir, de los rendimientos y contenidos de sacarosa que puedan ser obtenidos en la producción agrícola. Los resultados presentados consideran contenidos de sacarosa y rendimientos agrícolas promedio, sin embargo, como se muestra en los análisis de sensibilidad estos valores pueden fluctuar y junto a ellos los resultados de factibilidad financiera y económica del proyecto.

Por tanto, es recomendable que los rendimientos y niveles de sacarosa sean ponderados en una fase previa de experimentación agrícola para relevar información acerca de este tema. Tener certeza de estos aspectos representa tal vez el punto más importante que deberían evaluar los inversionistas.

En función a los supuestos considerados, el proyecto es financieramente inviable. Desagregando el análisis entre producción agrícola e ingenio se observa que los productores agrícolas son los ganadores, mientras que los potenciales inversionistas serían los perdedores. Esto implica que de no alcanzarse rendimientos y contenidos de sacarosa mayores a los considerados, el ingenio azucarero funcionaría a pérdida y se requeriría de subsidios públicos. Este problema no podría ser solucionado a través de una re-distribución de los beneficios entre productores e ingenio, sin embargo, a través de este mecanismo se podría reducir las pérdidas financieras del ingenio.

Por otro lado, realizadas las correcciones fiscales y considerando las externalidades ambientales positivas que serían generadas en caso de cumplirse los supuestos considerados es posible concluir que el proyecto generaría mayores beneficios que costos a la economía nacional. De no cumplirse los supuestos, la deforestación con el proyecto sería mayor a la actual y habría una pérdida económica para el país.

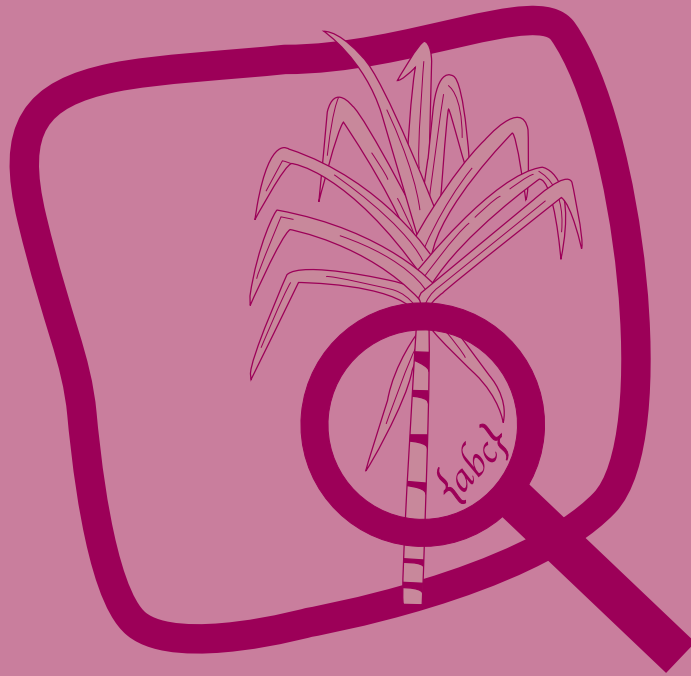
Respecto a las inversiones, el análisis desarrollado se basa en el supuesto de que se realizan inversiones importantes tanto en la parte agrícola como en la parte industrial. En consecuencia, el proyecto dependerá de: i) la capacidad que tengan los productores para adquirir la maquinaria agrícola necesaria (USD 28.300 por cada 5 familias productoras ó 50 hectáreas de caña) a fin de remplazar el sistema tradicional de producción manual por un sistema de producción semi-mecanizada; y ii) de la disponibilidad de recursos de los actores públicos para invertir aproximadamente USD 110 millones en la planta industrial (incluyendo los costos financieros).

La mayoría de los productores agrícolas en la región carecen de los recursos financieros necesarios para adquirir la maquinaria agrícola, entonces, el apoyo de los inversionistas públicos en este aspecto sería determinante. Este apoyo podría constituirse en un mecanismo eficaz que restrinja la entrada de nuevos actores económicos en la región y, por consiguiente, una manera de controlar la expansión de los cultivos de caña de acuerdo con los requisitos de materia prima del ingenio y de acuerdo a un esquema de responsabilidad ambiental.

Según la información recopilada para la presente investigación, la producción de caña de azúcar para el ingenio azucarero puede ser suministrada por los agricultores que se encuentran asentados en la zona. No sería atractiva la llegada de productores foráneos porque la planta de industrialización considerada no requerirá mayores cantidades de caña de azúcar que las que pueden producirse con las capacidades existentes. Además, los derechos de propiedad en todo el área de influencia del ingenio azucarero están casi consolidados por lo cual, también existe un fuerte rechazo de los actores locales a la llegada de nuevos productores.

Finalmente, otro aspecto que debe ser evaluado es el que está relacionado con el mercado, ya que según el proyecto de la prefectura de La Paz, la producción de azúcar estaría destinada a abastecer mercados que están abastecidos. Por lo tanto, a no ser que la región presente ventajas competitivas significativas en cuanto a las aptitudes biofísicas para la producción de caña de azúcar, la incertidumbre sobre las posibilidades de acceso al mercado sería significativa y pondría en riesgo la viabilidad del proyecto. La industria azucarera en el país cuenta con más de medio siglo de experiencia y competir con industrias consolidadas requiere de condiciones de producción favorables.





## Bibliografía

- ANDERSEN L. (1997). Cost-benefit analysis of deforestation in the Brazilian Amazon. Texto para Discussão No. 455. IPEA. Rio de Janeiro – Brasil.
- ARAUJO-MURAKAMI A., JORGUENSEN P. & LEDEZMA J. (en prep.). Estimaciones de biomasa y carbono en la región Madidi, Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia, Jardín botánico de Missouri y WCS.
- BRAVO & ALTIERI (2007). Tragedia social y ecológica: Producción de biocombustibles agrícolas en América. <http://www.rebellion.org/mostrar.php>
- BRUZON S. (2007). Agronomía del cultivo de caña de azúcar. *Saccharum officinarum*. Colombia. [http://www.centrosprovinciales.org/biomasa/presentacion\\_biologia\\_cana\\_azucar.pdf](http://www.centrosprovinciales.org/biomasa/presentacion_biologia_cana_azucar.pdf)
- CÁMARA AGROPECUARIA DEL ORIENTE, CAO (2008). [www.cao-bo.org](http://www.cao-bo.org)
- CÁMARA DE INDUSTRIA, COMERCIO, SERVICIOS Y TURISMO DE SANTA CRUZ – BOLIVIA, CAINCO (2008). <http://www.cainco.org.bo>
- CENTRO DE INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR, CITCA. (2005). Citado en: FDTA TROPICO HUMEDO (2005). Estudio de Identificación, Mapeo y Análisis Competitivo de la Cadena Productiva de la Caña de Azúcar y derivados. Santa Cruz - Bolivia.
- CHICAGO CLIMATE EXCHANGE – CCX. (2008). Carbon Financial Instrument. <http://www.chicagoclimatex.com/market/data/summary.jsf>
- CHICAGO MERCANTILE EXCHANGE (2008). <http://www.cme.com/>
- CLIMATE, COMMUNITY & BIODIVERSITY ALLIANCE, CCBA (2008). The Juma Sustainable Development Reserve Project: Reducing Greenhouse Gas Emissions from Deforestation in the State of Amazonas, Brazil.
- COOMES O. *et al.* (2006). The fate of the tropical forest: Carbon or cattle? [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- COMPAÑÍA INDUSTRIAL AZUCARERA “SAN AURELIO” S.A. (2008). [www.sanaurelio.com](http://www.sanaurelio.com)
- COMUNIDAD ANDINA DE NACIONES, CAN (2008). Precios CIF de referencia promedio mensual y precios piso y techo del Sistema Andino de Franjas de Precios. Comunidad Andina, Secretaría General, Proyecto 8.46.63 – Estadística.

- COMUNIDAD ANDINA DE NACIONES, CAN (2001). Estrategia Regional de Biodiversidad. Preparado por el consorcio GTZ/FUNDECO/IE. La Paz - Bolivia.
- COX M. (2008). Tendencias Internacionales de Productos Agrícolas. Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural – RIMISP. <http://www.rimisp.org>
- DAUBER E., TERÁN J. & GUZMÁN R. (2006). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. Revista Forestal Iberoamérica. <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1118>
- DIXON *et al.* (1994). Análisis Económico de Impactos Ambientales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba - Costa Rica.
- DRUMMOND F. & I. DRUMMOND (1996). Pyrolysis of sugar cane bagasse in a wire-mesh reactor. Ind. Eng. Chem. Res.
- FAO (2008). Perspectivas Alimentarias: Análisis de los mercados mundiales. Resumen del documento “Perspectivas Alimentarias” preparado para el 35º período de sesiones (Extraordinario) de la conferencia de la FAO. <http://www.scribd.com/doc>
- FAO (2006). The State of Agricultural Commodity Markets. Electronic Publishing Policy and Support Branch. Communication Division. FAO. Rome - Italy.
- FAS (2008). The Juma Sustainable Development Reserve Project: Reducing Greenhouse Gas Emissions from Deforestation in the State of Amazonas, Brazil. Project Design Document. Fundação Amazônia Sustentável, Manaus - Brasil.
- FEARNSIDE, P. (1996). Amazonian deforestation and global warming: carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. Forest Ecology and Management.
- FLECK (2009). Eficiência econômica, riscos e custos ambientais da reconstrução da rodovia BR-319. Conservação Estratégica-Brasil.
- FLECK *et al.* (2006). Una Carretera a Través del Madidi: Un análisis económico-ambiental. Conservation Strategy Fund.
- FONDOS ESTRUCTURALES-FEDER, FONDO DE COHESIÓN E ISPA (2003). Guía del Análisis Costes – Beneficios de los proyectos de inversión.



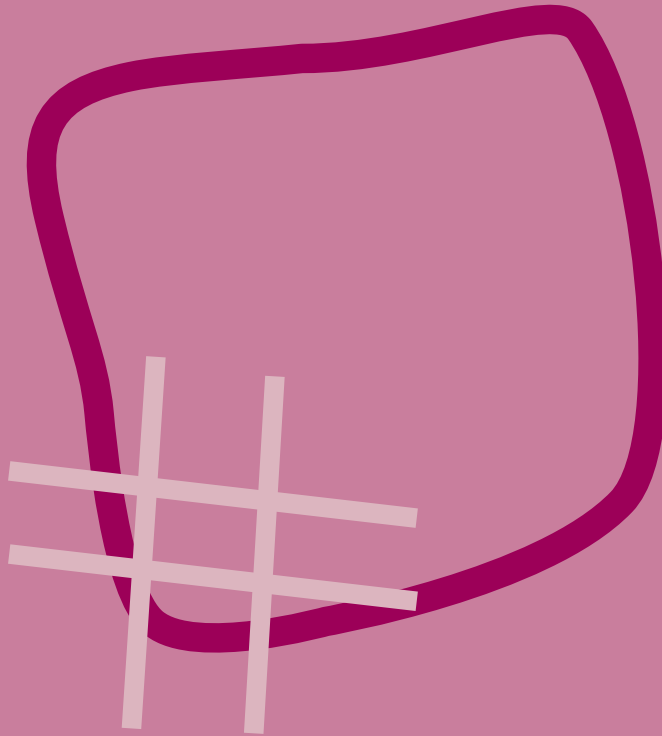
- FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO AGROPECUARIO FORESTAL, FDTA, TRÓPICO HÚMEDO (2005). Estudio de Identificación, Mapeo y Análisis Competitivo de la Cadena Productiva de la Caña de Azúcar y derivados. Santa Cruz - Bolivia.
- GÓMEZ L. A. y LASTRA L. A. (1995). Insectos asociados a la caña de azúcar en Colombia. [www.cenicana.org/pdf/documentos\\_no\\_seridados/libro\\_el\\_cultivo\\_cana/libro\\_p237-263.pdf](http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seridados/libro_el_cultivo_cana/libro_p237-263.pdf)
- HONORABLE ALCALDÍA MUNICIPAL DE IXIAMAS (2007). Diagnóstico del Plan de Ordenamiento Territorial de Ixiamas. Ixiamas - Bolivia.
- HONORABLE ALCALDÍA MUNICIPAL DE IXIAMAS (2007). Plan de Desarrollo Municipal de Ixiamas. Ixiamas - Bolivia.
- HONORABLE ALCALDÍA MUNICIPAL DE SAN BUENAVENTURA (2007). Diagnostico del Plan de Ordenamiento Territorial de San Buenaventura. San Buenaventura - Bolivia.
- HONORABLE ALCALDÍA MUNICIPAL DE SAN BUENAVENTURA (2007). Plan de Desarrollo Municipal de San Buenaventura. San Buenaventura - Bolivia.
- IMPUESTOS NACIONALES DE BOLIVIA (2008). <http://www.impuestos.gov.bo>
- INDUSTRIA AGRÍCOLAS DE BERMEJO, IABSA (2008). [www.iabsa.com](http://www.iabsa.com)
- INGENIO AZUCARERO GUABIRÁ S.A. (2008). [www.guabira.com](http://www.guabira.com)
- INSTITUTO BOLIVIANO DE COMERCIO EXTERIOR, IBCE (2008). [www.ibce.org.bo](http://www.ibce.org.bo)
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (2008). [www.ine.gov.bo](http://www.ine.gov.bo)
- JENKINS G. & HARBERGER A. (2000). Análisis de Costo-Beneficio de las decisiones de inversión: Capítulos de Evaluación Financiera. Harvard Institute for International Development.
- KILLEN *et al.* (2007). Thirty Years of Land-Cover Change in Bolivia. Royal Swedish Academy of Sciences 2007. <http://www.ambio.kva.se>
- KRIEQUER D. (2001). Economic Value of Forest Ecosystem Services: A Review. The Wilderness Society. Washington D.C. - USA.
- MALKY *et al.* (2007). El efecto Chalalán: Un ejercicio de valoración económica para una empresa comunitaria. Conservation Strategy Fund. La Paz -Bolivia.

- MARTINELLI L. & FILOSO S. (2008). Expansion of Sugarcane Ethanol Production in Brazil: Environmental and Social Challenges. CENA-USP & Chesapeake Biological Laboratory, University of Maryland Center for Environmental Science. Maryland - USA.
- MELONI *et al.* (2007). Prospect of the Sugar Expansion in Brazil: Impacts on Land Use Allocation and Changes. Institute for International Trade Negotiations, ICONE. Brazil.
- MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL, AGROPECUARIO Y MEDIO AMBIENTE (2004). Estadísticas sobre costos variables de producción agrícola. La Paz - Bolivia.
- MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO. PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMÁTICOS (2006). Captura de carbono en bosques y otro tipo de vegetación. La Paz - Bolivia.
- MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES DEL BRASIL (2007). Biocombustibles en Brasil y Oportunidades de Inversión. <http://secomnews.com.ar/junio2007>
- NEW YORK MERCANTILE EXCHANGE (2008). The Green Exchange.
- OCDE – FAO (2007). Perspectivas agrícolas 2007-2016. Organización para la Organización y el Desarrollo Económicos (OCDE) & Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <http://www.oecdbookshop.org>
- OOSGOD R. (2006). Estudio de Prefactibilidad para el Proyecto de Caña de Azúcar de El Ceibo Ltda. Informe final para ACDI/VOCA Bolivia. La Paz - Bolivia.
- OTAI (2004). “Diagnóstico actual de la agroindustria azucarera de Santa Cruz - Zafra 2004”. Santa Cruz. Bolivia.
- PERAFAN F. (2008). Azúcar de caña. <http://www.perafan.com/ea01azuc.html>
- PREFECTURA DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ (2006). Programa Integrado de Proyectos para el Noreste del Departamento de La Paz. Estudio de Factibilidad Técnico-Económico-Financiera: Ingenio Azucarero del Norte. La Paz - Bolivia.
- ROBINSON D., MCKEAN S. (2006). Análisis Estratégico de la Producción de Caña de Azúcar Orgánica en el Municipio de San Buenaventura, Departamento de La Paz. San Buenaventura - Bolivia.
- ROLDAN D. & SALAZAR M. (2002). “La Cadena de Azúcar en Colombia”. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá – Colombia. <http://www.agrocadenas.gov.co>

- SERÔA DA MOTTA, R. (2002). Estimativa do custo econômico do desmatamento na Amazônia. Texto para Discussão No. 910. Rio de Janeiro – Brasil.
- SIMPSON, D., SEDJO, R. & J. REID (1996). Valuing biodiversity for use in pharmaceutical research. Resource for the Future. Chicago Journal of Political Economy.
- SUBIRÓS F. (1995). El cultivo de la caña de azúcar. Ed. Universidad Estatal a Distancia (EUNED). San José, Costa Rica.
- TOL, R. (2008). The social cost of carbon: trends, outliers and catastrophes. Economics E-Journal, 2:2008-25.
- UDAPE (2008). Dossier de Estadísticas. <http://www.udape.gov.bo>
- UNAGRO (2008). [www.unagro.com.bo](http://www.unagro.com.bo)
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (2008). <http://unfccc.int>
- VARGAS R. (2008). Evaluacion a nivel general de la aptitud edáfica para el cultivo de la caña de azúcar en el municipio de san buenaventura. La Paz. Bolivia.
- VISHVANATH V. DESAI (1997). Guidelines for the Economic Analysis of Projects. Economics and Development Resource Center.
- WWF (2008). Análise da expansão do complexo agroindustrial canavieiro no Brasil. Programa de Agricultura e Meio Ambiente. WWF - Brasil.







## Anexos

## Anexo 1. Distancia de las potenciales comunidades cañeras al ingenio, población y superficie de producción

| Nombre                  | Distancia (Km) | Número de Familias - Año 5 | Superficie Cultivada - Año 5 (ha) |
|-------------------------|----------------|----------------------------|-----------------------------------|
| San Felipe              | 72             | 12                         | 63                                |
| Esmeralda 1             | 12             | 14                         | 148                               |
| Bella Altura            | 11             | 18                         | 190                               |
| Everest                 | 14             | 18                         | 190                               |
| Eyiyoquivo              | 11             | 32                         | 327                               |
| San Silvestre           | 45             | 25                         | 264                               |
| 7 de Diciembre          | 29             | 38                         | 391                               |
| Santa Ana               | 19             | 39                         | 401                               |
| Buena Vista             | 14             | 66                         | 687                               |
| Tahua                   | 85             | 54                         | 282                               |
| San Buenaventura        | 16             | 348                        | 3.612                             |
| Santa Rosa de Maravilla | 64             | 13                         | 67                                |
| Capaina                 | 14             | 18                         | 190                               |
| Flor de Mayo            | 74             | 22                         | 114                               |
| 25 de Mayo              | 24             | 25                         | 264                               |
| Hurehuapo               | 50             | 20                         | 106                               |
| San Isidro              | 6              | 31                         | 317                               |
| Cinteño                 | 56             | 41                         | 211                               |
| La Esmeralda            | 30             | 73                         | 760                               |
| Tumupasa                | 37             | 306                        | 3.169                             |
| Nueva Jerusalén         | 3              | 20                         | 207                               |
| El Dorado               | 3              | 14                         | 145                               |
| El Porvenir             | 4              | 25                         | 259                               |
| Totales                 |                | 1.274                      | 12.367                            |

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2. Número de familias y expansión de cultivos

|                                |                                                   |                                                                                                            |                                 |                                                 |
|--------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|
| Producción de caña             | Producción total =<br>Superficie x<br>Rendimiento | Superficie = Número de familias productoras x 10 ha c/u (cerca del ingenio) ó 5 ha c/u (lejos del ingenio) | Rendimiento = 55 TM/ha          |                                                 |
|                                |                                                   |                                                                                                            | Número de familias              | 1.250 familias al inicio y crece al 0,43% anual |
| Producción de azúcar y alcohol | Concentración de Sacarosa                         | Pérdida fabril                                                                                             | Tasa de crecimiento de cultivos | 2,43% anual                                     |
|                                |                                                   |                                                                                                            | Áreas de cultivo                | Bosque, 59,8%<br>Reemplazo de cultivos, 40,1%   |
| Producción de azúcar y alcohol | Volúmenes obtenidos                               | Pérdida fabril                                                                                             | 12,50%                          | 8% de sacarosa                                  |
|                                |                                                   |                                                                                                            | 2,5 qq/TM caña (1qq=0,046008TM) | 11,6 litros de alcohol/TM caña                  |

## Ingresos y costos del ingenio

|          |                               |                                                                                        |          |
|----------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Ingresos | Venta de azúcar               | 42,8% a 17 USD por quintal de azúcar                                                   |          |
|          | Venta alcohol                 | 0,42 USD por litro                                                                     |          |
| Costos   | Valor de rescate industria    | Tasa de depreciación de 0,05                                                           |          |
|          | Inversión en maquinaria       | 44% recursos propios y 56% con financiamiento a 10% de interés                         |          |
|          | Mantenimiento                 | Costos fijos<br>USD 80/ha                                                              |          |
|          | Costos operativos             | Reposición de maquinaria<br>Se aplica cada 5 años<br>3 veces el costo de mantenimiento |          |
|          | Transporte hacia mercados     | Administración<br>Producción<br>18% de las ventas<br>86% a La Paz y 14% a Oruro        |          |
|          | Impuestos                     | IVA<br>IT<br>IUE                                                                       |          |
|          | Depreciación de la maquinaria | 13% de las ventas<br>3% de las venta<br>25% de las utilidades                          |          |
|          |                               |                                                                                        | 5% anual |



## Ingresos y costos de los productores

| Ingresos               |                 | 57% de la venta de azúcar a 17 USD/quintal<br>USD 1271/ha |                                                                                                                                       |                                          |
|------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Productores            | Venta de azúcar |                                                           |                                                                                                                                       |                                          |
|                        | Venta alcohol   |                                                           |                                                                                                                                       |                                          |
|                        |                 | Valor rescate maquinaria agrícola                         |                                                                                                                                       | Tasa de depreciación de 0.075            |
|                        |                 |                                                           | Tractor                                                                                                                               | USD 20000                                |
|                        |                 |                                                           | Romeplaws                                                                                                                             | USD 800                                  |
|                        |                 | Maquinaria para la producción agrícola cada 50 ha         | Cultivadoras                                                                                                                          | USD 3,5                                  |
|                        |                 |                                                           | Surcadoras                                                                                                                            | USD 1,5                                  |
|                        |                 |                                                           | Chatas                                                                                                                                | USD 2,5                                  |
|                        |                 | Crédito por la maquinaria                                 |                                                                                                                                       | 10% anual                                |
|                        |                 |                                                           | Desmante                                                                                                                              | USD 250 en Barbecho<br>USD 400 en Bosque |
| Costos                 |                 |                                                           | Se aplica cada 4 años                                                                                                                 |                                          |
|                        |                 | Habilitación de suelos                                    | Nitrógeno, 11,5 USD/ha, 19,85 Kg Urea 46-0-0<br>Fósforo, 26,09 USD/ha, 32,6 Kg DAP 18-46-0<br>Potasio, 24,05 USD/ha, 25 Kg MOP 0-0-60 |                                          |
|                        |                 |                                                           | Dolomita, 102,8 USD/ha, 3 TM                                                                                                          |                                          |
|                        |                 |                                                           | Aplicar cada 5 años para remplazar cosechas antiguas de caña de azúcar                                                                |                                          |
|                        |                 |                                                           | Limpieza, USD 100/ha                                                                                                                  |                                          |
| Preparación de terreno |                 | Habilitación física de la tierra para renovar el cultivo  | Preparación del suelo, USD 150/ha                                                                                                     |                                          |
|                        |                 |                                                           | Se aplica al habilitar y cada 5 años                                                                                                  |                                          |
|                        |                 | Semilla                                                   | USD 150/ha                                                                                                                            |                                          |
|                        |                 | Mano obra                                                 | USD 80/ha                                                                                                                             |                                          |
| Siembra                |                 | Transporte                                                | USD 13,5/ha                                                                                                                           |                                          |

## Ingresos y costos de los productores (Cont.)

|             |                                  | Se aplica cada año      |             |
|-------------|----------------------------------|-------------------------|-------------|
| Productores | Costos                           | Cultivada               | USD 20,2/ha |
|             |                                  | Carpida                 | USD 62,1/ha |
|             |                                  | Rozada de callejones    | USD 2,7/ha  |
|             |                                  | Aplicación herbicidas 1 | USD 8,1/ha  |
|             |                                  | Aplicación herbicidas 2 | USD 5,4/ha  |
|             |                                  | Arsonex                 | USD 6,7/ha  |
|             |                                  | Ametrex                 | USD 10,8/ha |
|             |                                  | 2,4 D                   | USD 4,0/ha  |
|             |                                  | Glifosato               | USD 9,4/ha  |
|             |                                  | Aceite                  | USD 0,4/ha  |
|             | Cosecha y transporte             | USD 279/ha              |             |
|             | Comercialización                 | USD 0,3/TM              |             |
|             | Depreciación maquinaria agrícola | 7,5% anual              |             |

### Anexo 3. Análisis de sensibilidad para rendimientos y contenidos de sacarosa – Financiero

| VPN          | Rendimiento (TM/ha) |              |              |              |             |
|--------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
|              | 45                  | 50           | 55           | 60           | 65          |
| (15.005.412) |                     |              |              |              |             |
| 11,5%        | (45.943.172)        | (36.849.617) | (27.756.062) | (18.662.506) | (9.568.951) |
| 12,0%        | (40.726.997)        | (31.053.867) | (21.380.737) | (11.707.606) | (2.034.476) |
| 12,5%        | (35.510.822)        | (25.258.117) | (15.005.412) | (4.752.706)  | 5.499.999   |
| 13,0%        | (30.294.647)        | (19.462.367) | (8.630.087)  | 2.202.194    | 13.034.474  |
| 13,5%        | (25.078.472)        | (13.666.617) | (2.254.761)  | 9.157.094    | 20.568.949  |

Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 4. Análisis de sensibilidad de precios – Financiero

| VPN          | Precio alcohol [USD/litro] |              |              |              |              |
|--------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|              | 0,22                       | 0,32         | 0,42         | 0,52         | 0,62         |
| (15.005.412) |                            |              |              |              |              |
| 16,0         | (35.754.361)               | (31.152.404) | (26.550.446) | (21.948.489) | (17.346.531) |
| 16,5         | (29.981.844)               | (25.379.886) | (20.777.929) | (16.175.971) | (11.574.014) |
| 17,0         | (24.209.327)               | (19.607.369) | (15.005.412) | (10.403.454) | (5.801.497)  |
| 17,5         | (18.436.809)               | (13.834.852) | (9.232.894)  | (4.630.937)  | (28.979)     |
| 18,0         | (12.664.292)               | (8.062.335)  | (3.460.377)  | 1.141.580    | 5.743.538    |

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 5. Análisis de sensibilidad para rendimientos y contenidos de sacarosa – Económico

| VPN                   | Rendimiento (TM/ha) |              |              |             |            |            |
|-----------------------|---------------------|--------------|--------------|-------------|------------|------------|
|                       | 12.167.135          | 45           | 50           | 55          | 60         | 65         |
| Contenido de sacarosa | 11,5%               | (24.222.635) | (13.290.167) | (2.357.698) | 8.574.770  | 19.507.238 |
|                       | 12,0%               | (18.280.658) | (6.687.970)  | 4.904.718   | 16.497.406 | 28.090.094 |
|                       | 12,5%               | (12.338.680) | (85.773)     | 12.167.135  | 24.420.043 | 36.672.950 |
|                       | 13,0%               | (6.396.703)  | 6.516.424    | 19.429.552  | 32.342.679 | 45.255.806 |
|                       | 13,5%               | (454.726)    | 13.118.621   | 26.691.968  | 40.265.315 | 53.838.662 |

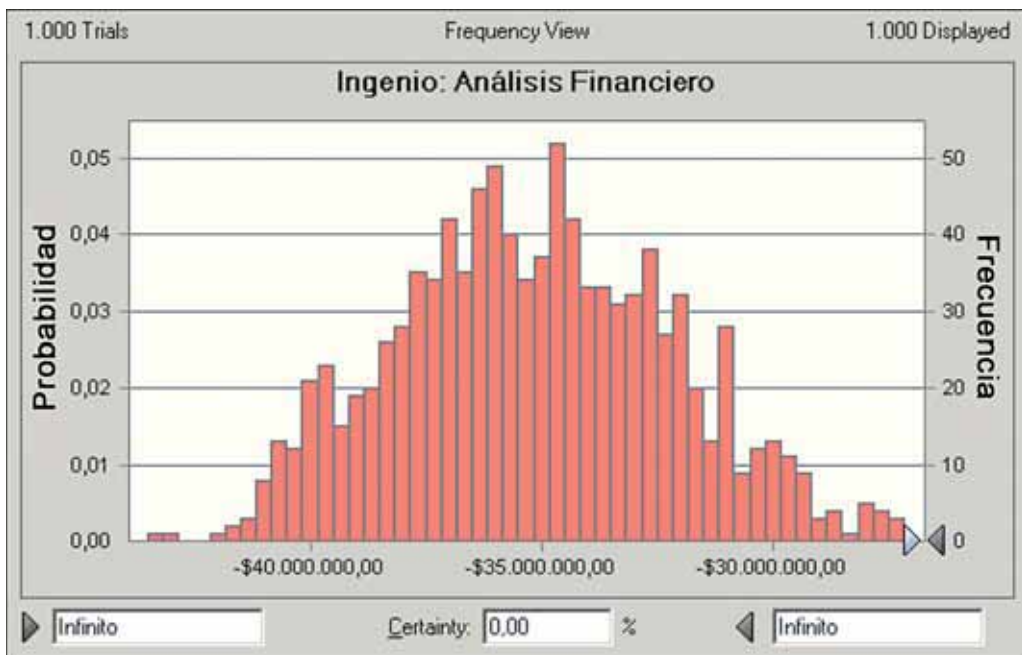
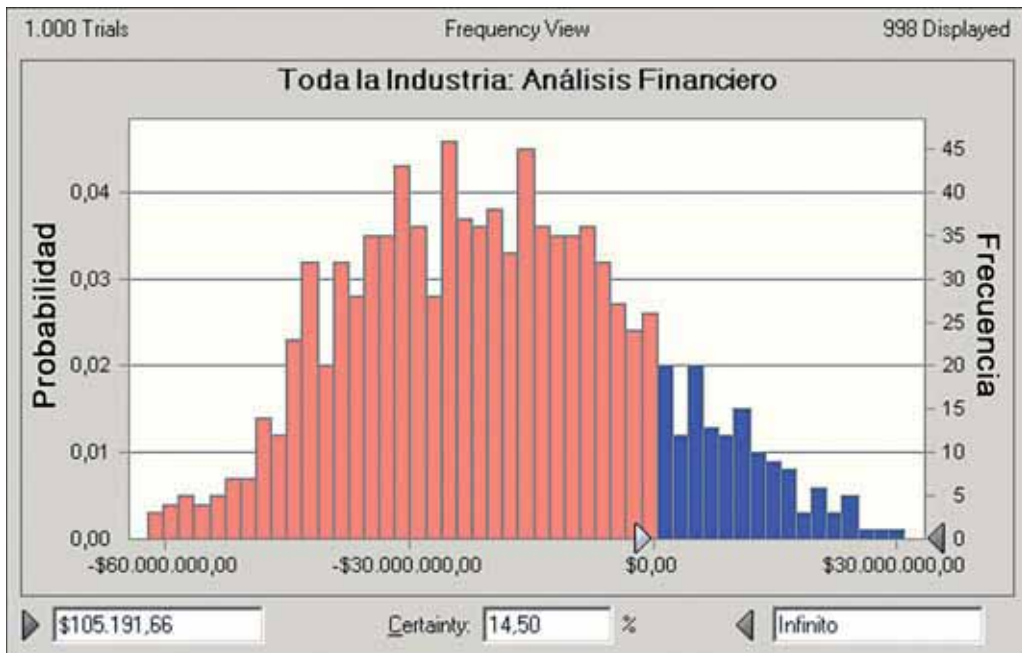
Fuente: Elaboración propia.

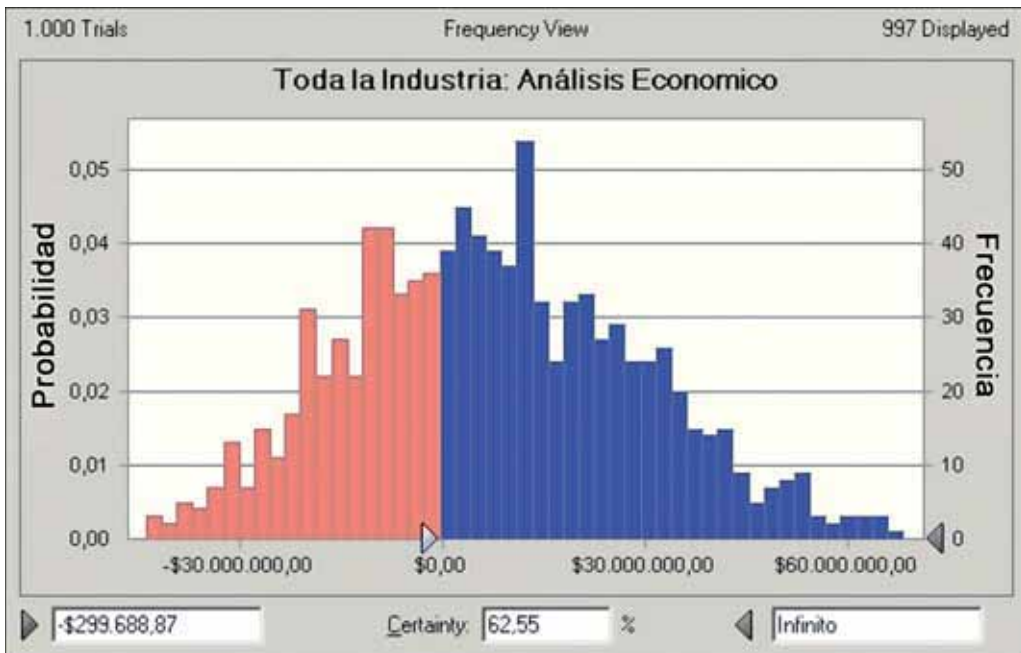
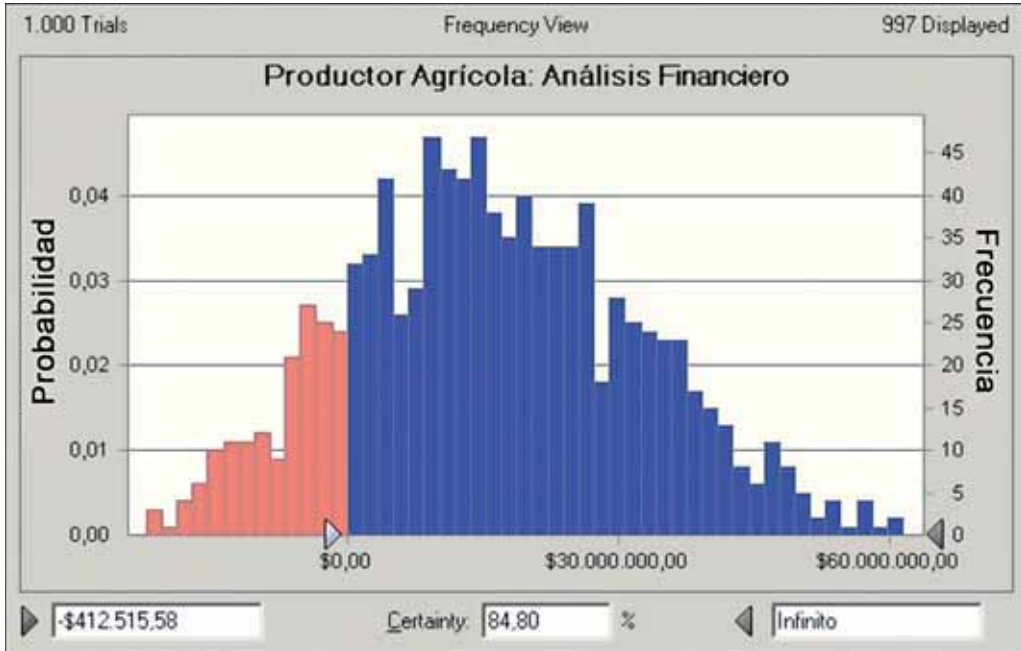
## Anexo 6. Análisis de sensibilidad de precios – Económico

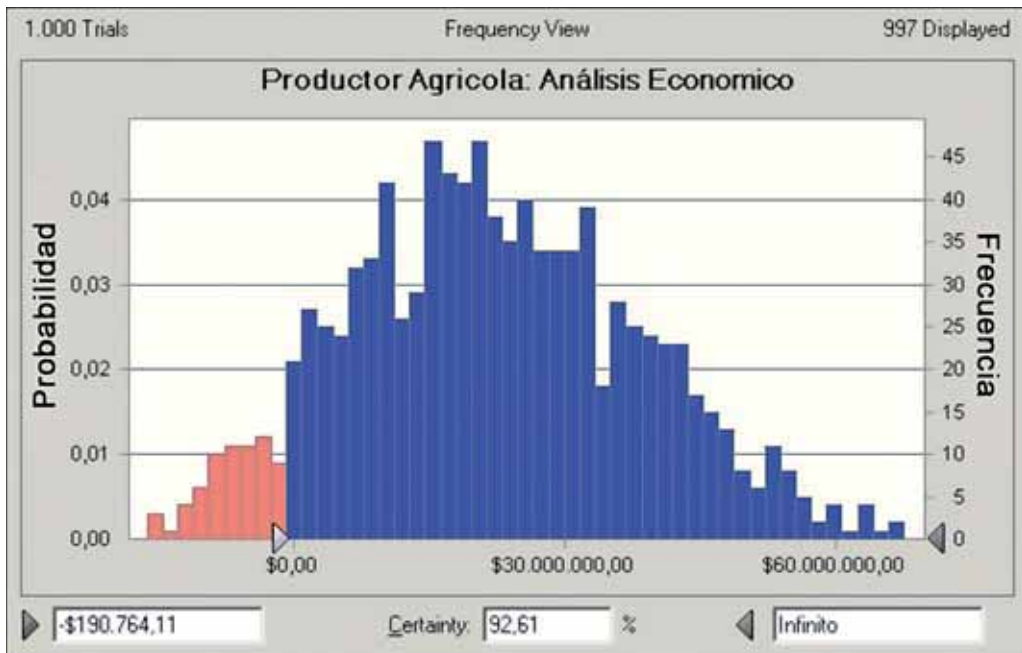
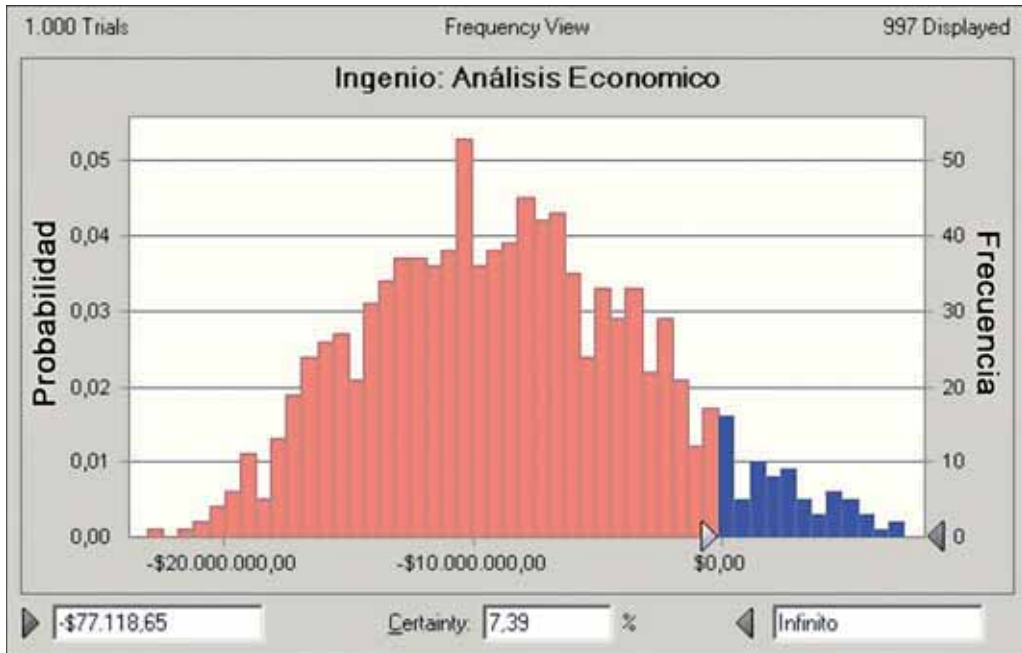
| VPN                         | Precio alcohol (USD/litro) |              |             |            |            |            |
|-----------------------------|----------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------|
|                             | 12.167.135                 | 0,22         | 0,32        | 0,42       | 0,52       | 0,62       |
| Precio azúcar (USD/quintal) | 16,0                       | (12.623.924) | (6.635.745) | (647.567)  | 5.340.611  | 11.328.790 |
|                             | 16,5                       | (6.216.573)  | (228.394)   | 5.759.784  | 11.747.962 | 17.736.141 |
|                             | 17,0                       | 190.778      | 6.178.956   | 12.167.135 | 18.155.313 | 24.143.492 |
|                             | 17,5                       | 6.598.129    | 12.586.307  | 18.574.486 | 24.562.664 | 30.550.843 |
|                             | 18,0                       | 13.005.480   | 18.993.658  | 24.981.837 | 30.970.015 | 36.958.194 |

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 7.







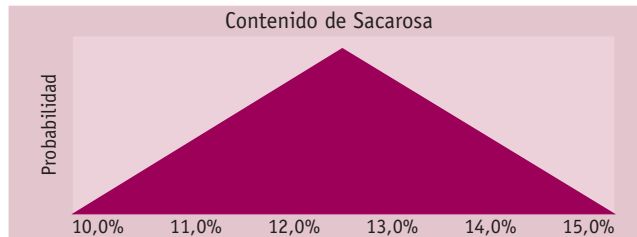




## Contenido de sacarosa

Distribución triangular:

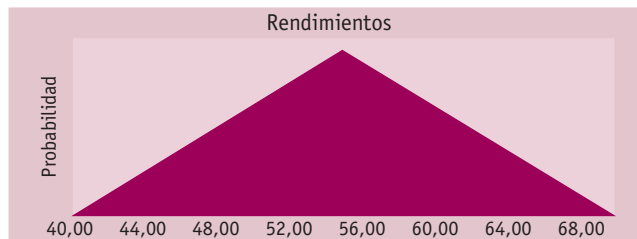
|                |       |
|----------------|-------|
| Mínimo         | 10,0% |
| Valor probable | 12,5% |
| Máximo         | 15,5% |



## Rendimiento

Distribución normal con parámetros:

|                |       |
|----------------|-------|
| Mínimo         | 40,00 |
| Valor probable | 55,00 |
| Máximo         | 70,00 |

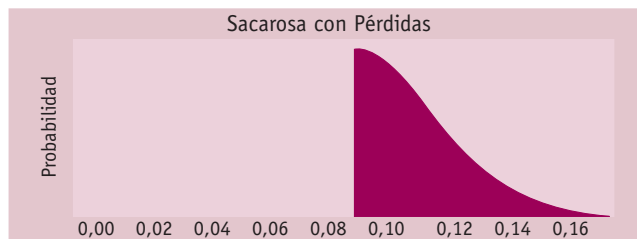


## Eficiencia industrial

Distribución normal con parámetros:

|                     |      |
|---------------------|------|
| Media               | 0,08 |
| Desviación estándar | 0,03 |

Rangos seleccionados desde 0,08 hasta infinito





REALIZACIÓN



APOYO



PROGRAMA DE CONSERVACIÓN DE PASAJES