

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL  
(UCI)

ESTUDIO DE MÉTODOS DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTE PARA  
PRODUCTORES DE CAÑA DE AZÚCAR RECOMENDADO POR EL FONDO  
MUNDIAL PARA LA NATURALEZA (WWF) / CAMARA DE AZÚCAR DE BELICE  
(SICB) / INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA INDUSTRIA  
AZUCARERA (SIRDI) EN BELICE

LUCIANO CHI SERRANO

PROYECTO FINAL DE GRADUACION PRESENTADO COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TITULO DE MASTER EN GERENCIA DE  
PROGRAMAS SANITARIOS EN INOCUIDAD DE ALIMENTOS

San José, Costa Rica

Julio, 2010

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL  
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como  
Requisito parcial para optar al grado de  
Máster en Gerencia de Programas Sanitarios en Inocuidad de Alimentos



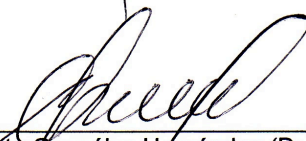
---

Olivier Chassot (Dr.)  
DIRECTOR DEL PROYECTO



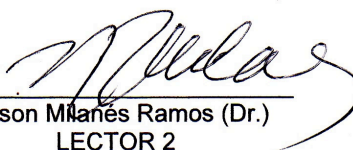
---

Marcos Osorio (MSc.)  
ASESOR DEL PROYECTO



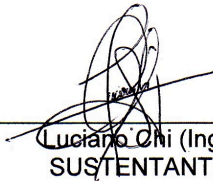
---

Roberto González Hernández (Dr.)  
LECTOR 1



---

Nelson Mañes Ramos (Dr.)  
LECTOR 2



---

Luciano Chi (Ing.)  
SUSTENTANTE

El autor concede a UCI permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas o jurídicas se reserva los derechos de autor

---

Ing. Luciano Chi Serrano

Costa Rica  
Julio, 2010

## **DEDICATORIA**

Este Proyecto Final de Graduación se lo dedico a mi esposa por su paciencia y apoyo incondicional que acompañó mis largas horas de trabajo y desvelo con el fin de apoyarme a alcanzar el éxito profesional; a mi madre y padre por ser piezas fundamentales en mi vida y que supieron guiarme por el sendero del éxito y llegar a ser un profesional y persona de bien; a mi querida familia por sus constantes apoyo; y a mis amigos.

## **RECONOCIMIENTOS**

Quiero agradecer en primer lugar a nuestro Dios todo poderoso por haberme dado la fuerza y gran oportunidad de realizar esta maestría; a mi esposa por estar siempre a mi lado durante todo el proceso; a mi madre por sus sabios consejos; y a mis tutores por toda la ayuda, paciencia, tolerancia y confianza depositada.

# INDICE GENERAL

<b>PORTADA</b>	i
<b>HOJA DE FIRMAS</b>	ii
<b>AUTORIA</b>	III
<b>DEDICATORIA</b>	iv
<b>RECONOCIMIENTOS</b>	v
<b>INDICE GENERAL</b>	vi
<b>INDICE DE CUADROS</b>	viii
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	ix
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	x
<b>ABSTRACT</b>	xii
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Problemática	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>4</b>
2.1 Botánica	4
2.2 El arrecife Mesoamericano	5
2.3 La industria cañera en Belice	7
2.4 Tecnología típica de producción	10
2.5 Intensidad de uso de insumos comerciales	14
2.6 Fertilización de la caña de azúcar en Belice	14
2.7 Efecto de la fertilización en caña de azúcar	15
2.8 Caracterización de los recursos físicos y naturales del área de estudio	16
2.8.1 Clima, suelo y agua	16
<b>3. Marco Metodológico</b>	<b>18</b>
3.1 Localización del área de estudio	18
3.2 Tratamientos	18
3.3 Programa de fertilización	19
3.4 Prácticas culturales	19
3.5 Cosecha	20
3.6 Diseño experimental	20
3.7 Análisis estadístico	20
3.8 Variables medidas	21
3.8.1 Número de tallos	21
3.8.2 Longitud de los tallos	22

3.8.3	Diámetro de los tallos	22
3.8.4	Rendimiento	22
3.9	Análisis beneficio / costo	22
4.	<b>Resultados</b>	23
4.1	Número de tallos de caña de azúcar	23
4.2	Longitud de tallo de caña de azúcar	24
4.3	Diámetro de tallo de caña de azúcar	25
4.4	Rendimiento	26
4.6.	Análisis de beneficio / costo	29
5.	<b>Conclusiones</b>	33
6.	<b>Recomendaciones</b>	33
7.	<b>Bibliografía</b>	34
8.	<b>Anexos</b>	36
8.1	Acta (Charter) del proyecto	37
8.2	Declaración de alcance del proyecto	41
8.3	Estructura de División de Trabajo (EDT)	44
8.4	Tabla de Análisis estadístico	46
8.5	Costo de producción de caña de azúcar en Belize	47
8.6	Flujo de caja por acre de caña en Belize	48

## INDICE DE CUADROS

1.	Producción y relación de toneladas de caña / azúcar de 1986 a 2009. Belize, 2010.....	9
2.	Rendimiento de cosecha de caña de azúcar por acre para Orange Walk. Belize, 2010.....	27
3.	Rendimiento de cosecha de caña de azúcar por acre para Corozal. Belize, 2010.....	27
4.	Ingresos totales (sin rendimiento ajustado) (Bz\$) por tratamiento por acre para Orange Walk. Belize, 2010.....	30
5.	Ingresos totales (sin rendimiento ajustado) (Bz\$) por tratamiento por acre para Corozal. Belize, 2010.....	30
6.	Presupuesto parcial de ensayo por tratamiento por acre para Orange Walk. Belize, 2010.....	31
7.	Presupuesto parcial de ensayo por tratamiento por acre para Corozal. Belize, 2010.....	31
8.	Análisis marginal de ensayo por tratamiento por acre para Orange Walk. Belize, 2010.....	32
9.	Análisis marginal de ensayo por tratamiento por acre para Corozal. Belize, 2010.....	32



## INDICE DE FIGURAS

1.	Producción y relación de toneladas de caña / azúcar de 1986 a 2009. Belize, 2010.....	10
2.	Número de tallos de caña de zucar para Orange Walk y Corozal. Belize, 2010.....	23
3.	Longitud de tallos de caña de azúcar para Orange Walk y Corozal. Belize, 2010.....	24
4.	Diámetro de tallos de caña de azúcar para Orange Walk y Corozal. Belize, 2010.....	25
5.	Evaluación del tonelaje por acre (TCA) para los tratamientos en Orange Walk. Belize, 2010.....	28
6.	Evaluación del tonelaje por acre (TCA) para los tratamientos en Corozal. Belize, 2010.....	28

## RESUMEN EJECUTIVO

Chi, L. 2010. Estudio de métodos de aplicación de fertilizante para productores de caña de azúcar recomendado por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), Cámara de azúcar de Belice (SICB) y el Instituto de Investigación y Desarrollo de la industria Azucarera (SIRDI) en Belice. Proyecto Final del Programa de Maestría, UCI, Costa Rica.

La fertilización constituye una práctica cultural de máxima importancia para que el cultivo de la caña de azúcar, *Saccharum spp.* Híbrido, alcance altos rendimientos. Sin embargo, su elevado costo exige realizar un uso oportuno y efectivo para asegurar su máximo aprovechamiento.

En la última década, la generación de metodologías para la aplicación de fertilizantes ha sido motivo de la atención de especialistas en fertilidad de suelos y de economistas, debido a la creciente necesidad de utilizar más eficientemente los fertilizantes e agroquímicos, al incremento de sus precios y al imperativo de conservar el ambiente. El logro de mejoras en la eficacia de la fertilización, práctica que debe ser integrada al manejo general del cultivo y asociada a la incorporación de los avances tecnológicos disponibles, permitirá el establecimiento temprano de una población inicial óptima, con una distribución uniforme de los tallos y con mínimas fallas, asegurando la conformación de cañaverales con una elevada población de tallos molibles, componente de máxima importancia en la definición del rendimiento.

El ensayo se realizó en los distritos de Corozal y Orange Walk, Belize. El objetivo fue reducir la cantidad de fertilizantes aplicados por unidad de producción en caña de azúcar implementando mejores prácticas agrícolas. Los tratamientos evaluados fueron fertilización tradicional con aplicación a voleo y sin cultivar; fertilización tradicional con aplicación a voleo y con cultivo; cultivo, fertilización, seguida de otro cultivo; fertilización enterrando el fertilizante y tapándolo y el testigo.

Se observó que la práctica de incorporar el fertilizante en el suelo es mas eficiente, ya que se obtiene un mejor aprovechamiento, lo que se traduce a un incremento en los rendimientos obtenidos ( $p>0.0308$ ). Todos los tratamientos donde se aplico fertilizante químico (T1, T2, T3 y T4) obtuvieron rendimientos superiores con respecto al testigo (T5) para ambas localidades. Sin embargo se pudo apreciar que el T3 (cultivo, fertilización, seguida de otro cultivo) superó a los demás tratamientos.

Se obtuvieron mayores ingresos totales, sin rendimiento ajustado, con el T3 (cultivo, fertilización, seguido de otro cultivo) en ambas localidades para ambos Corozal y Orange Walk de 1,405.80 Bz\$/ac y 1,622.50 Bze\$ / ac respectivamente, en comparación con el Testigo (no fertilización) que fue de 1,362.90 Bze\$ / ac para Corozal y 1,144.00 Bz\$ / ac para Orange Walk.

**Palabras clave:** *Saccharum spp.* Híbrido, mejores prácticas agrícolas, ingresos totales, aplicación al voleo, cultivar.

## Abstract

Sugar cane (*Saccharum spp.* Hybrid) nutrition is done through fertilization with chemical fertilizers. This constitutes one of the major management practices for improved productivity and cane quality. However, its high cost demands for an efficient and effective application to achieve maximum benefits. From the establishment of fields the fertilization regime plays a vital role for optimal plant and stool population and development, which will result in a uniform distribution of stems hence higher yields. During the last decade the development of methodologies for the application of fertilizers has attracted the attention of soil specialists and economists due to the increased demand for rational and efficient use of fertilizers. This has come as a result of the increase in prices and the imperative conservation of the environment. A trial was conducted in the Corozal and Orange Walk Districts, Belize with the objective of improving the efficiency and application method of fertilizer applications in the Belize sugar cane industry. The demand for the implementation of good agricultural practices has become the wave due to environmental issues and climate change. The project evaluated fertilizer application methods which are: cultivation, broadcast - incorporated; side dressed covered; broadcast incorporated; broadcast no incorporation and no fertilization (control). The incorporation of fertilizer into the soil resulted in being the more effective, which was translated in an increase of yields ( $p > 0.0308$ ). From all the treatments: T1, T2, T3 and T4 showed higher yields in relation to the control T5, for both localities. However, T3 prevailed from the rest of the treatments with higher yield (29.4 Tons / acre). Higher total income, without adjusted yields, were obtained with T3 in both localities, 1,405.80 Bz\$ / acre in Corozal and 1,622.50 Bze\$ / acre for Orange Walk.

Keywords: *Saccharum spp.* Hybrid, good agricultural practices, total income, broadcast, side dressing.

# 1.- INTRODUCCION

La producción de caña de azúcar continúa siendo la mayor actividad agrícola en Belice la que aporta una contribución significativa al sector agrícola, ingreso nacional y atracción de divisas. La industria provee empleo directo a más de 10,000 personas, la que incluye agricultores emprendedores, trabajadores de campo, oficiales o inspectores de campo y operadores en el ingenio. Según reporte del Ministerio de Agricultura, más de la mitad de la fuerza laboral del sector agrícola es directamente empleada por la industria.

El 28% de la población depende directamente de la industria cañera haciéndola más importante. La caña de azúcar en Belice se produce en aproximadamente 60,000 acres de terreno en los distritos de Corozal y Orange Walk. Sin embargo una de las áreas débiles dentro de la industria es la falta de asistencia técnica a los productores en aplicación de insumos agrícolas como fertilizantes y agroquímicos, causando pérdidas económicas y contaminación del ambiente. Eventualmente tendrán un impacto en el arrecife coralino a través de la contaminación de efluentes y escorrentías.

## **1.1. Problemática**

Durante los últimos años la Cámara de Azúcar de Belice (SICB) y el Instituto de Investigación y Desarrollo de la Industria Azucarera (SIRDI) en coordinación con el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en ingles) se han involucrado en varios proyectos con la finalidad de identificar e implementar mejores prácticas agrícolas que conlleven al incremento de los rendimientos de campo y reduzcan la contaminación de efluentes y escorrentías. Estas mejores prácticas agrícolas además

de beneficiar al productor y al ambiente, podrán ayudar a mantener la certificación de azúcar con el Comercio Justo (Fair Trade), principal importador del azúcar del país.

Dentro de estos paquetes tecnológicos específicos para la producción responsable de caña de azúcar, uno de los componentes importantes es la fertilización del cultivo durante el ciclo de producción. Estudios y experiencias a nivel de campo en Belice han demostrado que muchos de los productores no siguen los procedimientos y metodologías correctas para la aplicación de fertilizantes, lo cual resulta en rendimientos bajos e incrementos en el costo de producción. El método de aplicación en el campo, añadido con otros elementos tecnológicos, por ejemplo el estudio de los patrones ecológicos, constituye la base para la aspiración de obtener rendimientos máximos. Por lo tanto, es de crucial importancia indicar a los productores que con la aplicación de los procedimientos recomendados, los beneficios serán incrementados y podrán llegar a ser competitivos en el largo plazo.

El presente proyecto tiene como finalidad demostrar a los productores de caña de azúcar en Belice que mejorando la metodología y procedimientos en la aplicación de fertilizantes en el cultivo, pueden llegar a ser más competitivos y tomar ventajas de la oportunidad que ofrece el Comercio Justo (Fair Trade). De igual forma desarrollar paquetes tecnológicos y colección de datos que puedan ser utilizados como futuras referencias para el desarrollo de modelos de control de plagas en dicho cultivo.

## **1.2 Justificación**

En la zona cañera de Belice han existido muchas iniciativas de apoyo para tratar de desarrollar e implementar programas de buenas prácticas agrícolas que garanticen y salvaguarden los principios fundamentales en la prevención de la contaminación de los ecosistemas y aseguren la protección de los cultivos para incrementar sus rendimientos. Sin embargo es de suma importancia la evaluación de los diferentes paquetes tecnológicos, específicamente en el área de fertilización del cultivo, utilizados y de aplicación en la zona; por lo cual el presente proyecto busca evaluar diferentes

métodos de aplicación de fertilizantes en caña de azúcar, lo que fue recomendado por la WWF / Cámara de Azúcar de Belice (SICB por sus siglas en inglés) / Instituto de Investigación y Desarrollo de la Industria Azucara (SIRDI por sus siglas en inglés) en Belice. De igual forma, se espera que los resultados sobre la evaluación proporcionen los criterios necesarios para poder sugerir la mejora e implementación de futuras prácticas de fertilización en caña de azúcar.

De igual forma, con los resultados obtenidos al final de la evaluación se espera realizar la identificación de Mejores Prácticas Agrícolas para los productores de caña de azúcar en Belice, orientadas a reducir el uso de fertilizantes por unidad de producción sin afectar los ingresos económicos al productor y a la vez que disminuya el impacto ambiental en la zona de Arrecifes Mesoamericano.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

Reducir la cantidad de fertilizantes aplicados por unidad de producción en caña de azúcar implementando mejores prácticas agrícolas.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- a. Evaluar el rendimiento de la caña de azúcar bajo diferentes métodos de aplicación de fertilizante.
- b. Cuantificar / medir el número, grosor, altura de los tallos y rendimientos de caña de azúcar bajo diferentes métodos de aplicación de fertilizantes.
- c. Realizar un análisis de beneficio / costo de los tratamientos basado en el rendimiento de la caña en toneladas por acre.
- d. Evaluar la eficiencia de la aplicación de fertilizantes recomendada por la WWF, SICB y SIRDI.

## 2.- MARCO TEORICO

### 2.1. Botánica

La caña de azúcar (*Saccharum spp.* Híbrido) tiene su origen genético en Nueva Guinea. La planta pertenece a la familia de las gramináceas (pastos) y al género *Saccharum*. Dentro de este género existen seis especies; *S. spontaneum*, *S. robustum*, *S. sinensi*, *S. edule* y *S. officinarum*. Los clones comerciales de la caña de azúcar son derivados de las combinaciones entre las seis especies anteriores, predominando las características de *S. officinarum* productora de azúcar (CONITTA, 1991).

La caña de azúcar es una planta C4, con alta eficiencia fotosintética (la cuota oscila entre 150 y 200% sobre la media de otras plantas). Es un cultivo duradero y muy auto compatible. Según variedad y condiciones locales, la planta forma entre 4 y 12 tallos que pueden crecer hasta 3 - 5 m de altura. El contenido de azúcar (sacarosa) oscila entre 11 y 16% (Subiros, 1995). El tronco de la caña de azúcar está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas. Las proporciones de los componentes varían de acuerdo con la variedad (familia) de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, abonos, lluvias, riegos, etc. (Humbert, 1974).

Las hojas de la caña nacen en los entrenudos del tronco. A medida que crece la caña las hojas más bajas se secan, caen y son reemplazadas por las que aparecen en los entrenudos superiores. También nacen en los entrenudos las yemas que bajo ciertas condiciones pueden llegar a dar lugar al nacimiento de otra planta (Subiros, 1995).

Según Humbert (1974) la temperatura, la humedad y la luminosidad, son los principales factores del clima que controlan el desarrollo de la caña. El desarrollo de la caña de azúcar depende en gran medida de la luz solar, razón por la cual su cultivo se realiza



en las zonas tropicales que poseen un brillo solar alto y prolongado. La clorofila existente en las células de las hojas de la caña absorbe la energía de la luz solar, la cual sirve como combustible en la reacción entre el dióxido de carbono que las hojas toman del aire y el agua que junto con varios minerales las raíces sacan de la tierra, para formar sacarosa que se almacena en el tallo y constituye la reserva alimenticia de la planta, a partir de la cual fabrican otros azúcares, almidones y fibra.

Es indispensable proporcionar una adecuada cantidad de agua a la caña durante su desarrollo vegetativo, para que permita la absorción, transporte y asimilación de los nutrientes. De igual forma el cultivo requiere de suelos fértiles francos, profundos con buen drenaje. Reporta buenos resultados de rendimiento y de azúcar suelos de textura franco limoso y franco arenoso. La caña de azúcar se cultiva con éxito en la mayoría de suelos, estos deben contener materia orgánica y presentar buen drenaje tanto externo como interno, y que su pH oscile entre 5.5 a 7.8 para su óptimo desarrollo (Bull, 1983).

## **2.2. El Arrecife Mesoamericano**

El arrecife mesoamericano (MAR por sus siglas en inglés) se extiende sobre 1,000 kilómetros a lo largo de las costas del Caribe, cubriendo la Península de Yucatán, México, Belice, Guatemala y Honduras. El MAR es el segundo arrecife más largo del mundo y le da abrigo a una variada flora y fauna marina. Esta joya del Caribe es única en el hemisferio oeste, no sólo por su tamaño, sino por su variado tipo de arrecifes de coral y que ha sido reconocida como un área prioritaria de conservación por muchas organizaciones internacionales, incluyendo la WWF.

La eco-región del MAR es extremadamente valiosa, no solamente por su rica biodiversidad y productividad, sino por su generación de actividades económicas como el turismo y la pesca, las cuales continúan creciendo y contribuyen significativamente a las economías nacionales de la región.

Desafortunadamente, estas mismas actividades económicas son las que presentan una amenaza a la integridad de esta eco-región. La agricultura es una de las mayores fuentes de ingreso dentro del área del MAR. Tanto la agricultura comercial como la de subsistencia emplean más de un millón de personas y generan más del diez por ciento del Producto Nacional Bruto de las naciones colindantes al Arrecife Mesoamericano. Pastos y tierras de cultivo proveen cobijo y alimento para la mayoría de la biodiversidad terrestre de la región.

El MAR ofrece numerosos beneficios a los habitantes costeros; así como a sus visitantes. Estos beneficios incluyen la pesca, tanto de subsistencia como recreacional y comercial, turismo y actividades marinas. El arrecife también provee protección estructural a las áreas costeras contra tormentas y erosión. El arrecife mesoamericano sustenta cerca de 2,000,000 de personas de cuatro países: Honduras, Guatemala, México y Belice. Una alta proporción de esta población vive en sus costas y sus islas. Muchas comunidades indígenas dependen grandemente del arrecife mesoamericano para su subsistencia. Además, los ricos recursos naturales de esta región ofrecen a sus habitantes un valor ecológico, estético y cultural inigualable a sus habitantes.

El Programa de Agricultura del Fondo Mundial para la Naturaleza en el área terrestre del Arrecife Mesoamericano se enfoca en desarrollar e implementar mejores prácticas de manejo en las operaciones agrícolas intensivas con cultivos propios de la zona tales como palma aceitera, cítricos, bananos y caña de azúcar, entre otros. Dicho programa se enfoca en desarrollar una plataforma científica y tecnológica que conlleve a armonizar las actividades agrícolas con la salud de sus habitas terrestres y marinos del MAR, y así, un desarrollo humano sustentable y de menor impacto ambiental. Por último, busca utilizar principios aplicados de las ciencias agrícolas, sociales, económicas y ambientales, conjuntamente con tecnologías de información y comunicación, para desarrollar y distribuir una base de conocimiento espacial y temporal que empodere a los usuarios y favorezca la adopción y despliegue de las mejores prácticas agrícolas en el área terrestre del MAR.

La caña de azúcar en Belice se produce en aproximadamente 60,000 acres de terreno, en los Distritos de Corozal y Orange Walk. Sin embargo una de las áreas débiles del sector es la falta de asistencia técnica a los productores en la aplicación de insumos como fertilizantes y agroquímicos, causando pérdidas económicas y contaminación de efluentes y escorrentías. El bajo rendimiento de campo es debido a la falta de criterios técnicos al momento de aplicación de agro-insumos que hacen insostenible la industria.

Por lo tanto la WWF en Belice a través de su programa de agricultura, SICB y SIRDÍ buscan, conjuntamente con los diferentes sectores directamente involucrados, el desarrollo de tecnologías de buenas prácticas agrícolas que prevengan el deterioro de los ecosistemas en estas áreas y que a la vez incrementen el ingreso de los productores de caña de azúcar; dándoles así una capacidad mayor de mejorar sus vidas.

### **2.3 La industria cañera en Belice**

La producción y procesamiento de caña de azúcar está concentrado en los distritos de Orange Walk y Corozal, donde existen aproximadamente 9,000 productores registrados. Estos dos distritos cubren un área de 2,508 millas cuadradas y entre ambos forman la franja cañera en Belize. Son asistidos por casi 10,000 trabajadores. La caña es cultivada en aproximadamente 60,000 acres o sea cerca del 30% del área agrícola en el país. Es importante señalar que el 77% de los productores se tipifican como pequeños por entregar volúmenes menores a las 200 toneladas. La molienda media es de 1.2 millones de toneladas y una producción de azúcar entre 115,000 y 125,000 toneladas. La producción de ambos caña y azúcar ha sido cíclica durante las dos últimas décadas. En el 2004 Belice produjo 116,515 toneladas de azúcar de 1.15 millones de toneladas de caña (Cuadro 1).

La productividad se ha mantenido igual durante muchos años, debida principalmente a un uso limitado de insumos para la producción, fuerte dependencia climática y a un acceso muy restringido al financiamiento de los pequeños productores.

El rol económico de la industria cañera y del sector agrícola en general refleja una disminución continua durante los últimos años en Belice, no así para otros sectores los cuales expanden y compiten exitosamente por inversión de recursos locales y extranjeros. Los rendimientos cañeros han sido bajos en años recientes, promediando entre 17 a 18 toneladas por acre, situándose por debajo de los rendimientos promedios mundiales de 26 toneladas por acre (65 ton/ha). Esto bajos rendimientos se atribuyen a diferentes factores como son una baja inversión para la industria, las deficientes prácticas de manejo, socas excesivas, una baja o poca rehabilitación de los cañaverales, una baja economía de escala, insuficiente soporte de servicios y por último la reducción de precios reales recibidos por los cañeros (Cuadro 1).

El marco institucional para la producción de caña en Belice permanece complejo e ineficiente. Los principales actores involucrados en dicho sector son BSI, SICB, la Autoridad de Control de Calidad de la Caña de azúcar (SCQCA por sus siglas en inglés), el Comité de Producción de Caña de azúcar (SCPC por sus siglas en inglés), SIRDI y la Asociación de Productores de Caña de Azúcar de Belize (BSCFA por sus siglas en inglés). BSI, que es un ingenio privado, el cual muele la caña entregada por los productores, almacenamiento y transporte de azúcar del ingenio al puerto. De igual forma, el SICB es la autoridad que controla y regula la industria y producción de caña.

El BSCFA fue establecido como una entidad legal en el año 1959, para dar apoyo y soporte a los productores. Actualmente se rige bajo el decreto de la industria azucarera No. 27 del 2001. La asociación administra las relaciones de los productores con el ingenio, provee servicios como crédito de insumos y transferencia de tecnología. La asociación esta coordinada por el Oficial Ejecutivo (CEO), que tiene como mandato, formular e implementar un plan de desarrollo estratégico de manejo, designado a transformar la asociación en un proveedor de servicio efectivo e intermediario financiero para los productores.

Belice consume cerca del 10% del azúcar producido y tradicionalmente comercializa aproximadamente cerca del 50% de su producción total a mercados preferenciales, con

cuotas de 40,000 toneladas de azúcar cruda a la Unión Europea y 11,000 toneladas a los Estados Unidos.

<b>Año</b>	<b>Ton Caña</b>	<b>Ton Azúcar</b>	<b>TC/TA</b>
1986	853,605	93,345	9.1
1987	788,898	82,320	9.6
1988	776,559	81,747	9.5
1989	867,267	90,934	9.5
1990	68,267	100,297	0.7
1991	964,505	101,914	9.5
1992	978,318	100,528	9.7
1993	957,276	100,528	9.5
1994	1,026,719	105,397	9.7
1995	952,764	105,344	9.0
1996	1,093,450	108,784	10.1
1997	1,134,042	123,782	9.2
1998	1,159,657	118,112	9.8
1999	1,162,578	116,066	10.0
2000	1,098,771	120,275	9.1
2001			
2002	1,150,591	111,119	10.4
2003	1,150,656	111,401	10.3
2004	1,149,475	116,577	9.9
2005	929,392	100,435	9.3
2006	1,173,469	111,394	10.5
2007	1,200,430	97,279	12.3
2008	980,114	78,305	12.5
2009	917,728	92,326	9.9

**Cuadro 1.** Producción y relación de toneladas de caña / azúcar de 1986 a 2009. Belize, 2010.

El restante de la producción es vendido directamente para consumo directo al CARICOM, donde los precios promedios son un poco más altos que el precio del mercado mundial. Se estima que la reducción de precios del azúcar resultaría en una pérdida de alrededor de US \$21.7 millones durante el periodo 2006 al 2010.

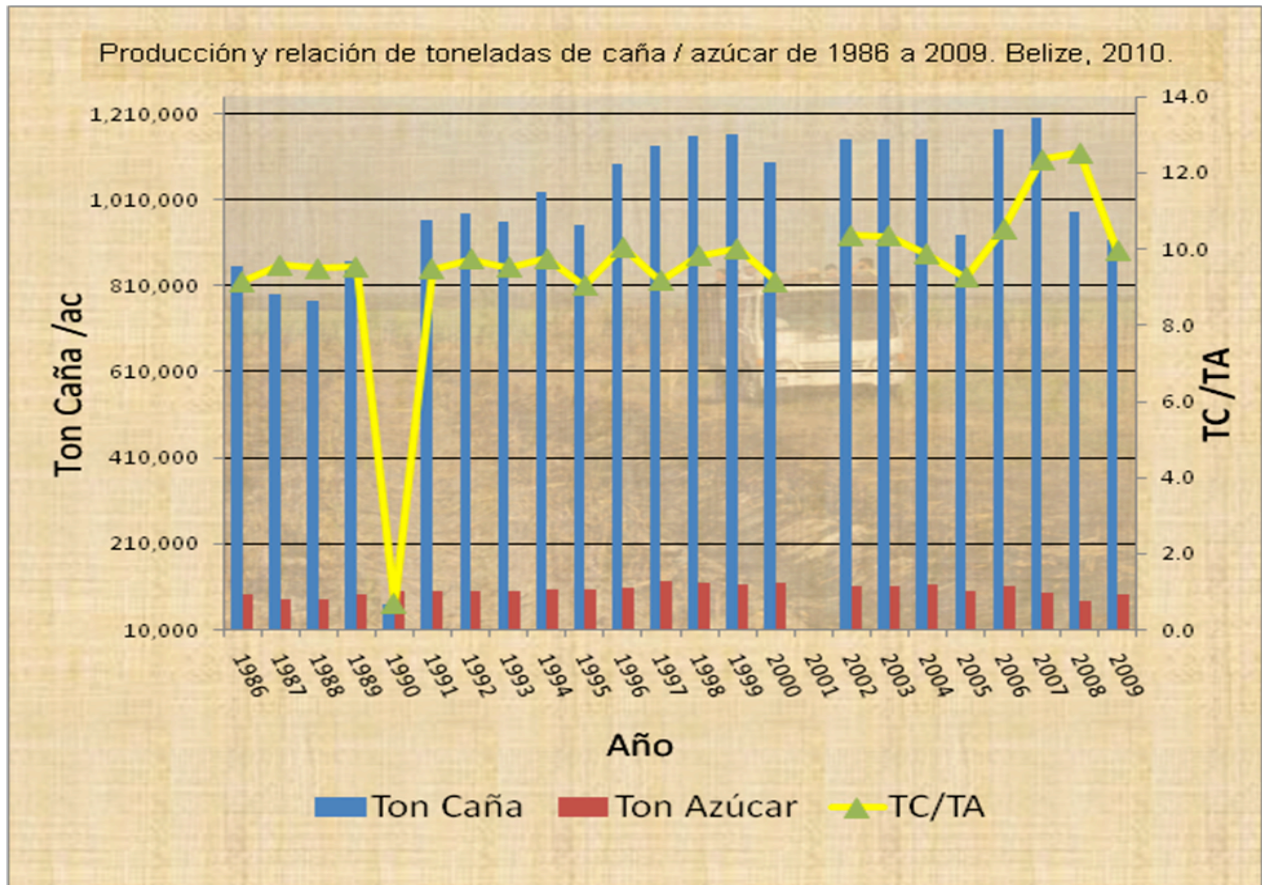


Figura 1. Producción y relación de toneladas de caña / azúcar de 1986 a 2009. Belize, 2010.

#### 2.4. Tecnología típica de producción

La tecnología de producción de caña de azúcar utilizada actualmente, se tipifica como de bajo nivel tecnológico, por el limitado uso de insumos para la producción y prácticas deficientes de preparación de tierras y mantenimiento del cultivo.

Las labores culturales que se realizan a la caña después de la cosecha en las etapas de socas y resocas, son referidas principalmente a algunas labores mecanizadas que se llevan a cabo en una pequeña superficie y está ligada a la poca disponibilidad de maquinaria con que cuentan los productores. Así como a un empleo deficientes de la existente.

La siembra se inicia con la selección del sitio. El sistema de producción es básicamente de cero renovaciones. Los productores son pequeños e inician sembrando superficies de 1 a 2 acres, para luego con la venta de la planta, reinvertir algo de sus recursos para ampliar su superficies bajo producción. Según el censo 2001/2002 del SICB, un 34% de la superficie cañera se ha establecido en terrenos con problemas de drenaje o que se inundan por ser terrenos bajos.

La preparación de terrenos, según un diagnóstico de consultores cubanos, es deficiente; porque lo hacen en forma superficial, dejando partes sin penetración del arado de discos, pues no se utiliza otro tipo, a pesar de que algunos suelos no son muy profundos. Las labores se realizan fuera de tiempo, por lo que no dejan tiempo suficiente para la descomposición de materiales o residuos de cosecha. No se utiliza la labor de sub-soleo para romper los pisos de arado, los cuales son causados por el uso continuo de los arados de discos (Arzuaga, 2004).

Para la siembra, tradicionalmente los cañeros utilizan las mismas variedades conocidas como la caña blanca (B52298) que ocupa alrededor del 66% de la superficie con caña de azúcar, Barbados BBZ-8257 con alrededor del 14% y el resto está compuesto por un complejo de 32 variedades. El problema de la variedad blanca es la susceptibilidad a la enfermedad del carbón y cerca del 40% de la superficie con esta variedad esta avejentada o con más de ocho (8) ciclos de producción. La siembra se realiza con tallos largos y a distancias mayores a las recomendadas de 0.60 m por 1.40 m lo que genera menor cantidad de tallos por hectárea y al sembrar es cubierta con demasiada tierra sobre la semilla. Por otro lado, existen otras numerosas deficiencias en la

siembra como es el surcado muy superficial y la plantación enterrando el trozo de semilla con las manos.

La semilla se obtiene de cualquier campo, incluso de socas y resocas y no de semilleros especiales. En el caso de resocas después de la cosecha es común la requema de residuos. El uso de fertilizantes es bajo y se depende 100 % del temporal. El control de malezas es combinado, parcialmente con labores mecanizadas en una parte de la superficie y mediante la aplicación de herbicidas en otras o ambas. Las plagas mas comunes en el cultivo generalmente no se controlan.

La cosecha es semi mecanizada (corte manual y alza mecanizada) y con la quema previa de un 100% del área, para remover la paja. El gasto de cosecha y su entrega al ingenio representa el mayor costo para el productor. Así mismo, se tiene un tiempo muy grande de corte a molienda y que demerita su calidad. Sin embargo otro aspecto que amerita mucha atención por parte del productor es la perdida de caña durante las maniobras de corte, despunte y alce de la caña, que según TECHNOAZUCAR de Cuba, se alcanza hasta un 11.5%.

Después de la cosecha y la requema de residuos, se procede a la fertilización y la aplicación de herbicidas de forma manual. Estas labores son realizadas por el 75 y 45 % de los productores respectivamente. Generalmente, la fertilización se lleva a cabo a inicios del periodo lluvioso cuando se cuenta con humedad y no necesariamente antes del "amacollamiento". El uso de herbicidas se presenta regularmente también en el periodo lluvioso, cuando nacen y se desarrollan más las malezas sobre el terreno.

Para la aplicación de fertilizantes los productores utilizan la labor de "tapa tronco". Esta última labor, se realiza con un arado bordero de 6 discos y consiste básicamente en un arroje o aporque de tierra a la cepa o macollo de plantas. Se considera al tapa tronco, como una buena práctica agrícola, porque ayuda a eliminar raíces viejas, se eliminan malezas, aporta la capa de tierra con más contenido de nutrientes a la cepa, ayuda a cubrir el fertilizante si se aplica en la cepa y puede disminuir las poblaciones de



huevecillos o ninfas de la mosca pinta, principal plaga de importancia económica en la zona. Es preferible el tapa tronco al paso de cultivador, o bien un simple paso de rastra ligera fitosanitaria de contar con el equipo e implementos apropiados. Posterior a estas labores, el 6.4 % de los productores realiza una limpia de callejones, principalmente en forma manual.

La quema de la caña y la quema de residuos son prácticas muy arraigadas en el campo cañero de Belice desde hace muchos años. Uno de los argumentos que se esgrimen para esta práctica radica en que si se dejan los residuos en el campo, habría problemas severos de incendios o quemas accidentales. La quema es considerada una mala práctica agrícola en la caña de azúcar, porque produce efectos negativos: la pérdida de peso por evaporación de agua y la reducción del contenido de azúcar por inversión de la sacarosa en levulosa y dextrosa.

Existen también otros efectos negativos, muchas veces desconocidos por el productor como son: la destrucción de la materia orgánica del suelo, la eliminación de los microorganismos benéficos, la pérdida de la consistencia física del suelo, la reducción de la infiltración de agua, aireación y asimilación de nutrientes, el aumento de la nubosidad y temperatura ambiental, aumento de las partículas suspendidas, el aumento de los gases de invernadero, la pérdida de sustancias químicas nutritivas como el nitrógeno y el azufre, la esterilización superficial del suelo, reducción del agua subterránea en la zona, molestias a los pobladores de la comunidad por el humo y la ceniza y la liberación de algunos carcinogénicos tales como benzopireno y congéneres. Así mismo, la literatura reporta que las emisiones de partículas a la atmósfera producto de la quema de caña, representan aproximadamente 24 lb por tonelada de material quemado (Arzuaga 2004).

En un sentido contrario, la cosecha de la caña verde sin quemar, ofrece una serie de beneficios como son: una buena cobertura del suelo, lo que reduce las pérdidas de agua por evaporación, se mejoran la penetración de la lluvia al perfil del suelo, se reducen los riesgos de erosión, mejoran la fertilidad de los suelos, se reducen

significativamente las poblaciones de malezas, y en general, se pueden adoptar alternativas de cosecha que resultan en menores costos de producción.

## **2.5. Intensidad del uso de insumos comerciales**

La agricultura moderna demanda del uso de insumos comerciales para alcanzar mayores niveles de productividad y competitividad, sin embargo, es de suma importancia no solo la cantidad y calidad de ellos, sino un uso racional y la forma de aplicación de los mismos.

En la zona cañera de Belize se puede indicar, que el uso de insumos comerciales para la producción de caña es bajo y se deriva de los escasos recursos económicos de los productores, el minifundio y los precios recibidos por sus productos.

Cerca de 75% de los productores utilizan fertilizantes químicos, sin embargo las dosis aplicadas (promedio de una aplicación de 100 Kg / acre de 18-18-18) están por debajo de los niveles recomendados para el tipo de suelos que se presentan en la zona cañera. En realidad la peor de la aplicación de fertilizantes químicos en Belice no es la cantidad que se usa, aunque muchas veces es deficiente, sino, en la forma de aplicación.

La demanda de nutrientes del cultivo representa en la caña de azúcar, una absorción total de 95 kg de Nitrógeno, 45 kg de  $P_2O_5$  y 50 kg de  $K_2O$  para un rendimiento máximo de 50 toneladas por acre. En este sentido, si se considera un suelo arcilloso típico de la zona como el vertisol eutrico, el aporte de nutrientes por parte del mismo y un rendimiento promedio esperado de 40 ton/ acre, la dosis recomendada podría estar cercana a los 48 kg de N, 30 kg de  $P_2O_5$  y 30 kg de  $K_2O$ . Bajo estas circunstancias, las dosis aplicadas apenas cubrirían el 45% de las necesidades de fertilización de Nitrógeno (Meyer 1991).

## **2.6. Fertilización de la Caña en Belice**

La fertilización tradicional de la caña de azúcar en Belice ha consistido en aplicar aproximadamente 18 kg de N, 18 Kg de P y 18 Kg de K por acre, respectivamente, sin considerar las diferencias en las variedades y tipo de suelo existentes en las distintas zonas.

Sin embargo, podemos mencionar que existen casos en que el productor no aplica ningún tipo de fertilizante durante el ciclo de producción, debido a su disponibilidad de finanzas. Es común que las aplicaciones de fertilizantes se hagan extemporáneamente y en forma superficial o a voleo. El rendimiento promedio obtenido es de 20 toneladas de caña/acre con 1.8 ton de azúcar/acre, rendimientos que se consideran bajos, comparados con los rendimientos promedios mundiales.

### ***2.7. Efecto de fertilización en Caña de azúcar***

El uso de fertilizantes químicos es una de las mejores opciones para incrementar los rendimientos de caña y de sacarosa en el corto plazo (Salgado et al., 2001). Sin embargo, un desbalance nutricional, en particular de N (Robertson et al., 1996) aunado a un exceso de humedad en la planta, hacen que la caña no alcance su madurez industrial, ya que la planta utiliza este N para continuar su crecimiento (Nickell y Tanimoto, 1998).

De los tres elementos esenciales (NPK), el fósforo es el que se extrae en menor cantidad en el cultivo caña de azúcar, y sus insuficiencias están relacionadas con los bajos contenidos asimilables. La efectividad de los fertilizantes fosfóricos para inducir incrementos en la producción de caña, fue estudiada en todas las regiones cañeras del mundo, y las recomendaciones que a partir de allí surgen, son muy variadas debido fundamentalmente a la diversidad de suelos (Meyer, 1991) y (Orlando, 1996).

Las socas se cosechan generalmente a los 12 meses, por lo que la fertilización debe hacerse durante los tres meses siguiente al rebrote. El nitrógeno de la fertilización debe

ser aprovechado por la planta sin disminuir la calidad de jugo. Una buena calidad de jugo se define en función de un alto contenido de sacarosa y un bajo contenido de azúcares reductores. Sin embargo, el jugo de la caña de azúcar contiene productos disueltos o suspendidos tales como enzimas, hemicelulosas, sustancias pépticas, proteínas, aminoácidos, almidones, lípidos, ceras, materiales colorantes y componentes inorgánicos. Dichos productos también deberían ser tomados en cuenta para determinar la calidad del jugo. Algunas de estas sustancias resultan favorables y otras perjudiciales para el proceso de fabricación de azúcar (Chen, 1991).

## ***2.8. Caracterización de los recursos físicos y naturales del área de estudio***

### **2.81. Clima, suelo y agua**

La zona cañera se ubica en los distritos de Corozal y Orange Walk en la zona norte de Belice, entre las coordenadas de 17°30' a 18°15' de latitud norte y 88°10' a 88°20' de longitud oeste.

El clima prevaleciente en el área según la clasificación de Kopen; modificada por Enriqueta García, es del tipo Aw o cálido subhúmedo, con lluvias en verano y estación seca en invierno. Específicamente se trata del subtipo climático Ax' (W1) intermedio entre los más húmedos de los subhúmedos y los más secos de los subhúmedos. La temperatura varía de un promedio mensual mínima de 63.50 grados Fahrenheit durante enero a febrero y 73 grados Fahrenheit durante abril a septiembre. Las temperaturas máximas varían de un promedio mensual de 84 grados Fahrenheit durante diciembre a enero y de 92.2 grados Fahrenheit en mayo a septiembre.

La precipitación pluvial anual promedio por 49 años es de 1,053.33 mm para Corozal y 1,053 mm para Orange Walk. El periodo lluvioso va de junio a noviembre (1056 mm) y los meses de escasas precipitaciones corresponden al periodo de diciembre a mayo (359.6 mm), época en que los cultivos demandan de riego de auxilio para cubrir los requerimientos hídricos que se calculan en 150 a 180 mm por mes y para el

crecimiento óptimo del cultivo. Así mismo, es importante mencionar que eventualmente se han presentado fuertes sequías en algunos años y que han limitado los rendimientos de caña, como lo que ocurrió en 1995 y 2005.

La humedad relativa en general es alta, superando el 80% la mayor parte de los meses del año. La evaporación anual alcanza 1,744 mm y los vientos dominantes provienen de sudeste con intensidad promedio de 7 m/seg.

Los terrenos en los distritos cañeros en Belice son el 30%, planos, bajos y poseen poca o cero infraestructura de drenaje regional para remover agua excesiva durante la época lluviosa. Los suelos de la zona de estudio son de origen calcáreos y por lo tanto en su mayoría son de reacción alcalina. No existe un diagnóstico o levantamiento de los tipos de suelo en la zona. Se menciona que estos pueden variar desde los muy pesados con drenaje lento y procesos de gleyzación hasta los vertisoles muy profundos y suelos jóvenes rojos superficiales, según los describe The Natural Resource Institute (NRI) en su publicación "Land Resources Assessment of Northern Belize de 1992". Sin embargo, falta un levantamiento más detallado a este trabajo, incluyendo su clasificación conforme a la metodología FAO o a la séptima aproximación de los Estados Unidos, así como evaluar a nivel de parcelas su fertilidad u otros factores relacionados con la producción agrícola.

Los diferentes tipos de suelos y sus características, deben de ser considerados al momento de planear las variedades dentro del campo cañero, ya que ciertas variedades pueden adaptarse mejor a condiciones de suelos más arcillosos y con buenas condiciones de almacenamiento de humedad y otras a condiciones de suelos más secos, por presentar un sistema radical más profundo y difuso.

## **3.- MARCO METODOLOGICO**

### **3.1 Localización del área de estudio**

La zona cañera se ubica en los distritos de Corozal y Orange Walk en la zona norte de Belice, en plantaciones de socas de las variedades B79474 y B52298, respectivamente.

Para la selección de las dos áreas bajo investigación se tomó en consideración que la parcela tuviera suficiente caña y recién cosechada, para poder realizar la fertilización. El terreno era parejo y con un suelo homogéneo. Es importante señalar que en ambos sitios se seleccionaron dos variedades distintas que son B79474 en Orange Walk y B52298 en corozal. Esto, debido a la disponibilidad de las parcelas en ambos distritos al momento de la selección del sitio. Es importante señalar que la parcela seleccionada en Corozal tenía más de 6 ciclos de producción (6 años) en comparación con la de Orange Walk que tenía tres ciclos de producción (3 años).

### **3.2 Tratamientos**

Los tratamientos utilizados en el ensayo fueron cuatro (4) métodos de aplicación de fertilizantes más un testigo, los cuales fueron distribuidos en un diseño de bloques completamente aleatorizados. Los tratamientos fueron los siguientes:

- i) Fertilización tradicional con aplicación al voleo y sin cultivar
- ii) Fertilización tradicional con aplicación al voleo y con cultivo
- iii) Cultivo, fertilización, seguida de otro cultivo
- iv) Fertilización enterrando el fertilizante y tapándolo
- v) Testigo el cual no se le aplicó fertilizante químico

Se realizó una sola fertilización a las cuatro semanas después de la cosecha, según la practica común en socas y resocas de caña de azúcar.

El tamaño de las parcelas experimentales fueron de 150 pies de largo y 27.5 pies de ancho. Cada tratamiento constó de 5 surcos de caña de 5.5 pies de ancho, dando un área útil de 4,125 pies cuadrados.

### ***3.3 Programa de fertilización***

Para la evaluación de los métodos de fertilización se realizó un análisis de suelo a las dos parcelas, las muestras se enviaron a un laboratorio en los Estados Unidos (A&L Laboratories, Florida) a través de un agente local. El resultado del análisis mostró una deficiencia de magnesio y nitrógeno (90 kg). Por lo que se utilizó una mezcla de 46-0-0, 18-46-0 y sulfato de magnesio.

El momento de la aplicación del fertilizante se realizó un mes (30 días) después de la cosecha del cultivo. Además, se consiguió el fertilizante puro y luego se efectuó la mezcla en relación a la recomendación del análisis de suelo.

### ***3.4 Prácticas culturales***

Además de la aplicación del fertilizante, se realizaron otras prácticas culturales para el buen manejo del cultivo. Se realizó una sola aplicación de herbicida (Diuron, 2-4-D, Amitrin) a la parcela de Corozal, debido a que esta presentó más número de malezas.

En cuanto al área en Orange Walk no se realizó aplicación química debido a que el cultivo cerró rápidamente el surco y no hubo mayores problemas de malezas. Sin embargo, las malezas que crecieron fueron controladas utilizando azadón y machete. Es importante señalar que no se realizó ninguna otra práctica de control de plagas ya que no se presentó problema alguno.

### **3.5 Cosecha**

El momento de la cosecha fue a los doce meses después de la cosecha anterior, ya que se considera una caña madura y lista para cosechar. Se realizó un corte manual de los diferentes tratamientos y se pesaron individualmente tomando en consideración que se cortó toda la caña de los surcos por tratamiento (5 surcos) y luego se procedió a tomar los pesos individuales de los tratamientos. Por último se procedió a llevar la caña al ingenio BSI.

### **3.6 Diseño experimental**

El diseño estadístico utilizado fue de un Diseño Completamente al azar con 4 tratamientos más un testigo y tres repeticiones.

### **3.7 Análisis estadístico**

Se analizaron datos de las siguientes cuatro variables: número de tallos, rendimiento de caña, grosor promedio del tallo y longitud del tallo. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y análisis de media utilizando el paquete estadístico  $\square$ JMP 7 del SAS© Institute $\square$ .

Debido a las restricciones al momento de cosecha, solamente se cosechó una repetición por localidad para rendimiento pero sí se tomaron datos de longitud y grosor de tallo en cada una de las repeticiones. Para solventar la pérdida en la estructura inicial de bloques dentro de localidades, se decidió ajustar un modelo estadístico lineal, aditivo, que incluyera estos ajustes, y en el cual se utilizó la media de las cuatro repeticiones para grosor de tallo y longitud y la única observación tomada de rendimiento por localidad. Este modelo no permite establecer diferencias estadísticas entre localidades *per se*, pero pudiese indicar tendencias si existiesen diferencias realmente grandes.

El modelo estadístico utilizado es la siguiente:



$$Y_{ij} = \mu + \lambda_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Cualquier observación de rendimiento de caña, diámetro y longitud del tallo proveniente de la  $i^{ava}$  localidad y  $j^{ava}$  tratamiento.

$\mu$  = Media común a todas las observaciones del rendimiento de caña, diámetro y longitud del tallo de todo el experimento.

$\lambda_i$  = Efecto aditivo debido a la localidad  $i^{ava}$

$\tau_j$  = Efecto aditivo debido al tratamiento  $j^{ava}$

$\varepsilon_{ij}$  = Error aleatorio

Asunciones del modelo:

$$\sum_{i=2}^{i=1} \lambda_i = 0$$

$$\sum_{n=5}^{i=1} \tau_j = 0$$

$$\varepsilon_{ij} \sim \mathcal{N}\mathcal{J}(0, \sigma^2)$$

### 3.8 Variables medidas

#### 3.8.1 Número de Tallos

En cada tratamiento en ambas localizaciones se realizó el conteo de tallos de caña de azúcar para determinar la respuesta al método de aplicación de fertilizantes y número de tallos existente.

Para cada tratamiento se realizó el conteo de tallos en dos surcos centrales de 32 pies (10 metros) de longitud.

### **3.8.2 Longitud de los tallos.**

La longitud de tallos se midió en los mismos sitios donde se midió el número de tallos desde el primer entrenudo basal hasta el primer entrenudo visible.

### **3.8.3 Diámetro**

Después de medir la longitud de tallos se le midió el diámetro, para ello se determinó el promedio basal, medio y superior de la planta.

### **3.8.4 Rendimientos**

Para la variable rendimiento se realizó la cosecha de la parcela experimental (5 surcos) y se pesó. No se realizó una medición por repetición debido a dificultades técnicas por lo que se midió el tratamiento completo.

### **3.9 Análisis Beneficio / Costo**

El análisis económico realizado fue de una comparación de beneficio / costo por tratamiento, que se basa en los costos que varían, según la metodología propuesta por el CIMMYT, 1988.

## 4.- RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Número de tallos de caña de azúcar

El análisis estadístico indica que no existe diferencia significativa en el número de tallos entre los distintos tratamientos evaluados.

Es probable que ello se deba al hecho de haber establecido el experimento en parcelas de resoca y no en una nueva plantación, pues el cultivo ya ha mostrado su potencial en cuanto a emisión de tallos, evitando la respuesta de la variedad al efecto en la aplicación de fertilizantes.

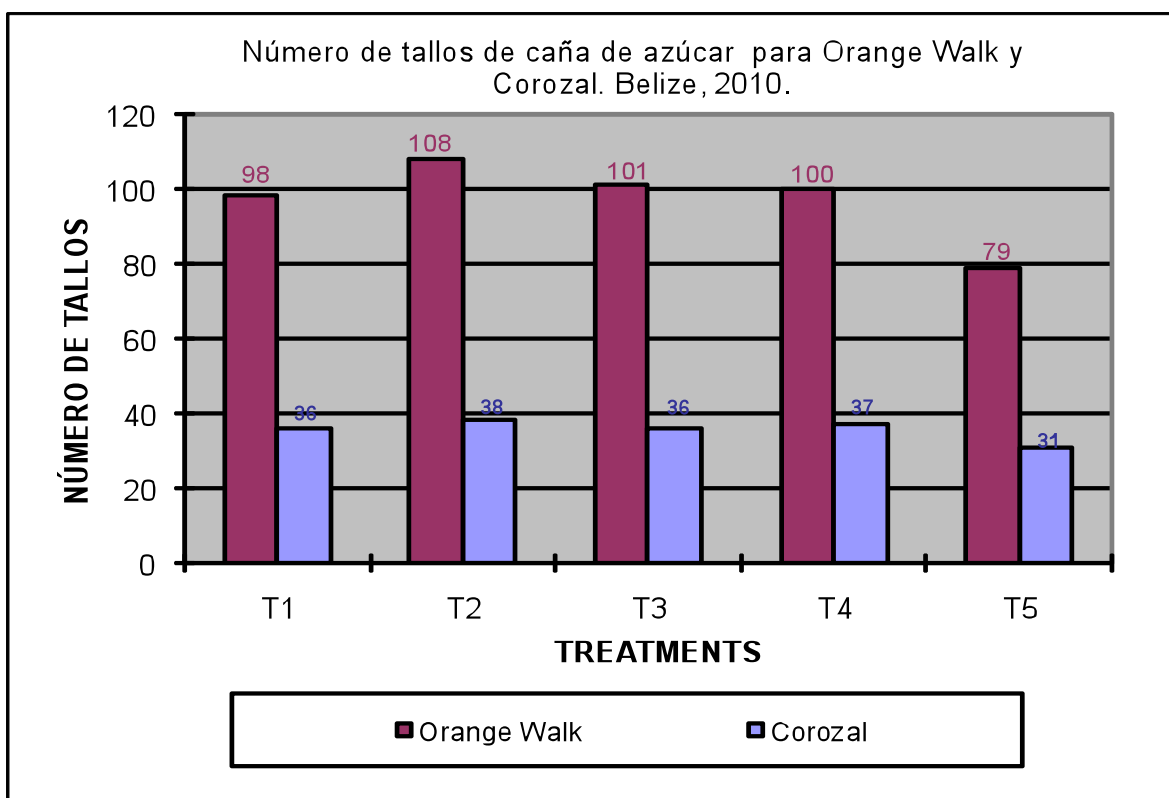


Figura 2. Número de tallos de caña de zucar para Orange Walk y Corozal. Belize, 2010.

## 4.2. Longitud de tallos de caña de azúcar

Los modelos ajustados presentaron un pobre ajuste para longitud del tallo ( $R^2$  ajustado=0.54) y un nivel de significancia aceptable ( $P>0.1454$ ) el cual explica el 54 por ciento de la variabilidad expresado en la longitud de tallo de caña de azúcar. El experimento fue bien conducido ya que se obtuvo un C.V de 6.64.

En el caso de los resultados sobre la longitud de tallos se presentaron diferencias entre los diferentes tratamientos ( $p>0.05$ ) y el testigo. El tratamiento que obtuvo el promedio mayor fue la No. 3, (cultivo, fertilización, seguido de otro cultivo) que fue de 239 cm; seguido por el tratamiento No. 4 (fertilización enterrando el fertilizante y tapando) que fue de 236 cm.

La medias de los tratamientos 2 (Fertilización tradicional con aplicación a voleo y sin cultivar) y 1 (Fertilización tradicional con aplicación a voleo y con cultivo) no son estadísticamente diferentes entre si, o que con este procedimiento no se pudo encontrar alguna diferencia significativa.

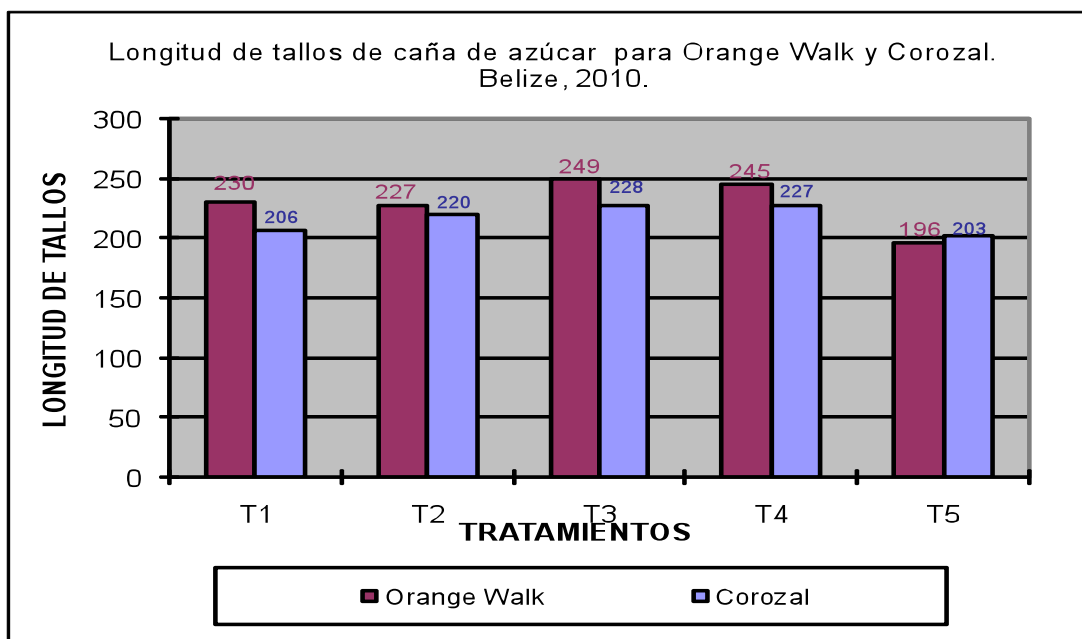


Figura 3. Longitud de tallos de caña de azúcar para Orange Walk y Corozal. Belize, 2010.

### 4.3. Diámetro de tallo de caña de azúcar

Los modelos ajustados presentaron un ajuste medio para el diámetro promedio ( $R^2$  ajustado=0.73) y un alto nivel de significación aceptable ( $p>0.055$ ), ya que logra explicar el 73 por ciento de la variabilidad expresada en el diámetro de tallos. El experimento obtuvo un CV de 2.90 lo cual indica que fue bien conducido.

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias significativas para los modelos ajustados para el diámetro promedio en donde el valor  $p$  fue de 0.05.

Se encontró que el mejor tratamiento fue la No. 3 (26 cm); los tratamientos No. 1, No. 2 y No. 4 formaron un grupo intermedio que no presentó diferencias ni con el mejor tratamiento (3) ni con el peor (5).

En promedio, los tallos de caña en Orange Walk fueron más gruesos (26 mm) que en Corozal (24 mm).

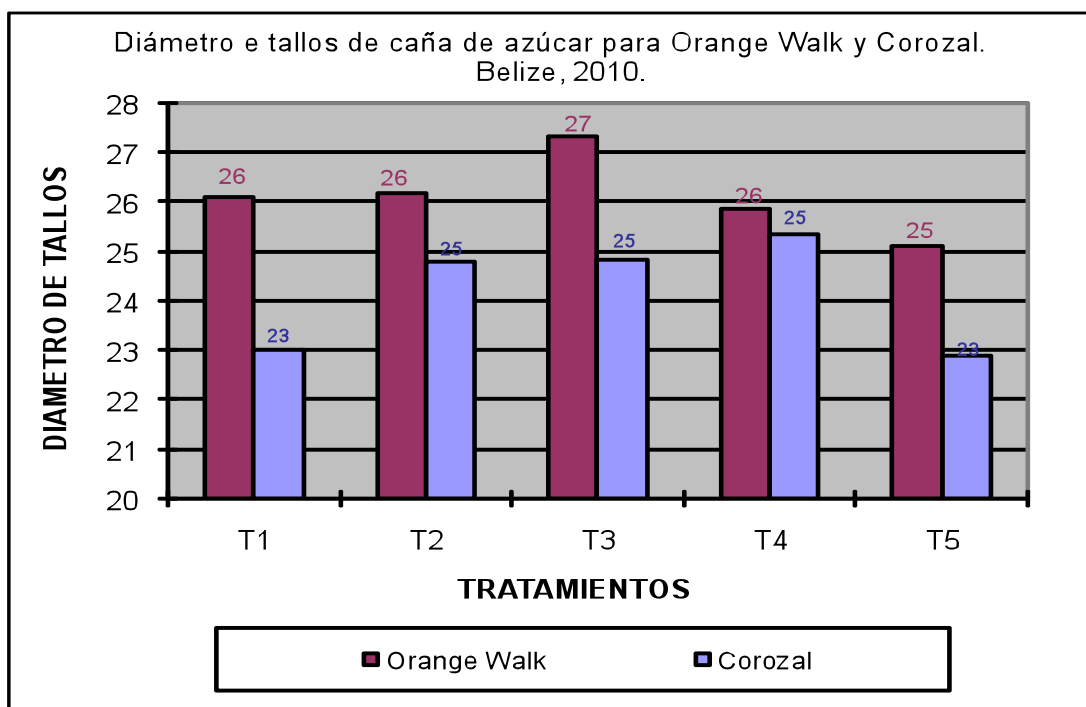


Figura 4. Diámetro de tallos de caña de azúcar para Orange Walk y Corozal. Belize, 2010.

#### **4.4. Rendimiento**

Los modelos ajustados presentaron un nivel muy aceptable para el rendimiento de caña ( $R^2$  ajustado=0.80) y nivel de significancia aceptable ( $p>0.0304$ ), ya que logra explicar el 80 por ciento de la variabilidad expresada en el rendimiento del cultivo. El experimento obtuvo un C.V de 8.47.

Los resultados del análisis de varianza indican diferencias significativas en el rendimiento de caña en donde el valor p fue 0.03.

En promedio, los rendimiento de caña fue superior en Orange Walk (24.7 Ton/Ac) comparado con Corozal que rindió (21.3 Ton/Ac). Estos datos indican que con esta metodología y análisis sí existe tendencia para encontrar estas diferencias de esta magnitud (Cuadro 2 y 3).

El tratamiento que produjo el mayor rendimiento fue el que consistió en un cultivo inicial más la aplicación del fertilizante incorporado (27.6 Ton/Ac). Por el contrario, el tratamiento en donde no se incorpora el fertilizante fue menor (21.0 Ton/Ac).

Los tratamientos en donde el fertilizante se enterró y tapó el fertilizante (25.0 Ton/Ac) y en el que el fertilizante aplicado al voleo se incorporó (24.3 Ton/Ac) no fueron significativamente diferentes al que consistía en un cultivo inicial más la aplicación del fertilizante incorporado (27.6 Ton/Ac). Esto sugiere por lo consiguiente; que en un análisis económico tendería a indicar que la simple incorporación del fertilizante daría resultados similares al tratamiento consistente en enterrado, tapado del fertilizante y el tratamiento que se tiene un cultivo inicial más la aplicación de fertilizante incorporado.

**Cuadro 2.** Rendimiento de cosecha de caña de azúcar por acre para Orange Walk. Belize, 2010.

Tratamiento	Peso (Lbs)	Ton	TCA
T1	7,326.0	3.66	23.2
T2	7,822.5	3.91	24.8
T3	<b>9,312.0</b>	4.66	<b>29.5</b>
T4	7,980.0	3.99	25.3
T 5	6,554.0	3.28	20.8

**Cuadro 3.** Rendimiento de cosecha de caña de azúcar por acre para Orange Corozal. Belize, 2010

Tratamiento	Peso (Lbs)	Ton	TCA
T1	3,388.0	1.69	18.82
T2	4,270.5	2.14	23.72
T3	<b>4,605.0</b>	2.3	<b>25.56</b>
T4	4,472.0	2.23	24.78
T5	2,425.0	1.21	13.47

Figura 5. Evaluación del tonelaje por acre (TCA) para los tratamientos en Orange Walk. Belize, 2010.

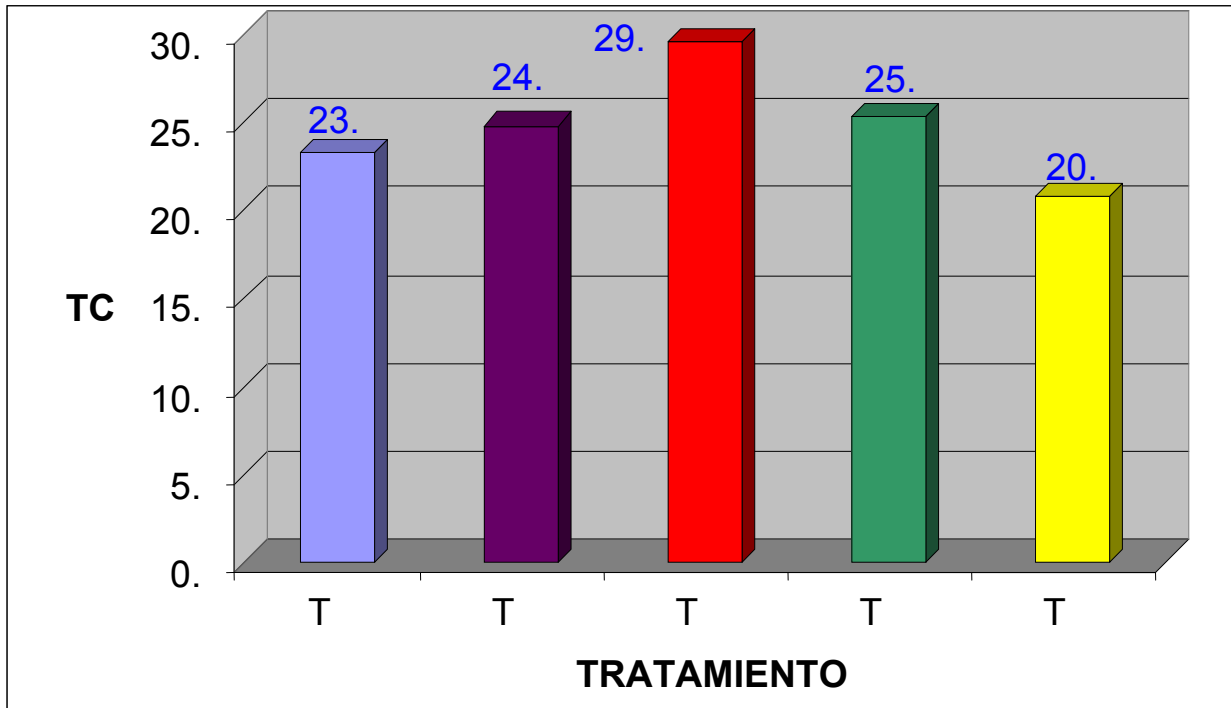
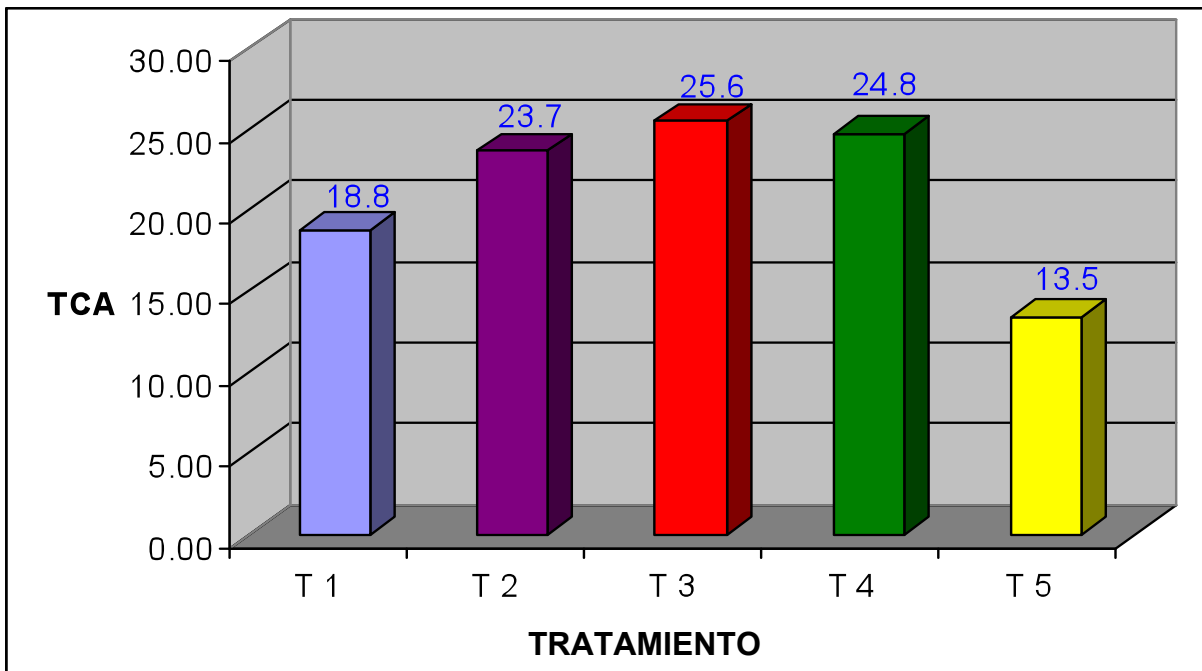


Figura 6. Evaluación del tonelaje por acre (TCA) para los tratamientos en Corozal. Belize, 2010.





#### **4.5. Análisis de beneficio / costo**

Se obtuvieron mayores ingresos totales, sin rendimiento ajustado, con el T3 (cultivo, fertilización, seguido de otro cultivo) para ambos Corozal y Orange Walk de 1,405.80 Bz\$ / acre y 1,622.50 Bze\$ / acre respectivamente, en comparación con el Testigo (no fertilización) que fue de 1,362.90 Bze\$ / acre para Corozal y 1,144.00 Bz\$ / acre para Orange Walk. (Cuadro 4 y 5)

De igual forma, al realizar la comparación de ingreso total del T3 con el método tradicional que manejan los productores en la zona, pudimos observar claramente que los ingresos totales fueron mayores. (Cuadro 1).

En el análisis con rendimientos ajustados, podemos observar que el T5 (no aplicación de fertilizante) resultó con un mayor beneficio neto y relación beneficio / costo que el resto de los tratamiento incluyendo al método tradicional que utiliza el agricultor. (Cuadro 6 y 7)

Un factor importante que hay que tomar en consideración por lo cual los resultados no fueron los deseables es el alto costo de los insumos, fertilizantes y agroquímicos, que hacen más del 50% a 60% de los costos de producción.

Además podemos indicar basado en los datos obtenidos que el cultivo claramente no está obteniendo rendimientos mayores a 35 toneladas por acre lo que significa que los fertilizantes aplicados no están moviendo el cultivo a una productividad deseable. Un rendimiento deseable está en un rango entre los 30 a 40 toneladas por acre.

**Cuadro 4.** Ingresos totales (sin rendimiento ajustado) (Bz\$) por tratamiento por acre para Orange Walk. Belize, 2010.

Tratamiento	Costo de Operación (\$/Ac)	Rendimiento (Ton / Ac)	Precio (\$/Ton)	Ingreso (\$)	Ingreso Neto (\$)
T1	1,013.47	23.2	55	1,276.0	262.53
T2	1,095.07	24.8	55	1,364.0	268.93
T3	1,178.41	29.5	55	<b>1,622.5</b>	444.09
T4	1,081.81	25.3	55	1,391.5	309.69
T5	570.50	20.8	55	1,144.0	<b>573.50</b>
Tradicional	1,194.00	24.0	55	1,320.0	126.00

**Cuadro 5.** Ingresos totales (sin rendimiento ajustado) (Bz\$) por tratamiento por acre para Corozal. Belize, 2010.

Tratamiento	Costo de Operación	Rendimiento (Ton / Acre)	Precio (\$/Ton)	Ingreso (\$)	Ingreso Neto (\$)
T1	1,043.11	18.8	55	1,035.10	-8.01
T2	1,215.31	23.7	55	1,304.60	89.29
T3	1,307.95	25.6	55	<b>1,405.80</b>	97.85
T4	1,287.67	24.8	55	1,362.90	75.23
T5	453.37	13.5	55	740.85	<b>287.48</b>

**Cuadro 6.** Presupuesto parcial de ensayo por tratamiento por acre para Corozal. Belize, 2010.

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>Tradicional</b>
Rendimiento media (ton / acre)	18.82	23.72	25.56	24.78	13.47	24.00
Rendimiento Ajustado (ton/acre)	17.88	22.53	24.28	23.54	12.80	22.80
Beneficio bruto de campo (\$/acre)	983.35	1,239.37	1,335.51	1,294.76	703.81	1,254.00
Total de costos que varían (\$/acre)	1,043.11	1,215.31	1,307.95	1,287.67	453.37	1,194.00
Beneficio neto de campo (\$/acre)	-59.76	24.06	27.56	7.09	250.43	60.00
REL COSTO-BEN	-0.06	0.02	0.02	0.01	0.55	0.05

**Cuadro 7.** Presupuesto parcial de ensayo por tratamiento por acre para Orange Walk. Belize, 2010.

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>Tradicional</b>
Rendimiento media (ton / acre)	23.20	24.80	29.50	25.30	20.80	24.00
Rendimiento Ajustado (ton/acre)	22.04	23.56	28.03	24.04	19.76	22.80
Beneficio bruto de campo (\$/acre)	1,212.20	1,295.80	1,541.38	1,321.93	1,086.80	1,254.00
Total de costos que varían (\$/acre)	1,013.47	1,095.07	1,178.41	1,081.81	570.50	1,194.00
Beneficio neto de campo (\$/acre)	198.73	200.73	362.96	240.11	516.30	60.00
REL COSTO-BEN	0.20	0.18	0.31	0.22	0.90	0.05

**Cuadro 8.** Análisis marginal de ensayo por tratamiento por acre para Corozal. Belize, 2010.

<b>Tratamiento</b>	<b>Costos Varían (\$/ac)</b>	<b>Costos Marg (\$/ac)</b>	<b>Ben Neto (\$/ac)</b>	<b>Ben Net Mar (\$/ac)</b>	<b>TRM</b>
Tradicional	1,194.00		60.00		
T1	1,043.11	150.89	-59.76		
T2	1,215.31	21.31	24.06	35.94	1.69
T3	1,307.95	113.95	27.56	32.44	0.28
T4	1,287.67	20.28	7.09	52.91	<b>2.61</b>
T 5	453.37	740.63	250.43	190.43	0.26

**Cuadro 9.** Análisis marginal de ensayo por tratamiento por acre para Orange Walk. Belize, 2010.

<b>Tratamiento</b>	<b>Costos Varían (\$/ac)</b>	<b>Costos Marg (\$/ac)</b>	<b>Ben Neto (\$/ac)</b>	<b>Ben Net Mar (\$/ac)</b>	<b>TRM</b>
Tradicional	1194.0		60.0		
T1	1013.5	180.5	198.7	138.7	0.8
T2	1095.1	98.9	200.7	140.7	1.4
T3	1178.4	15.6	363.0	303.0	<b>19.4</b>
T4	1081.8	112.2	240.1	180.1	1.6
T5	570.5	623.5	516.3	456.3	0.7

## **5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5. Conclusiones**

El tratamiento número tres (T3) fue el que produjo mayor rendimiento de caña por acre (TCA) con valores de 29.5 TCA para Orange Walk y 25.6 TCA para Corozal, respectivamente.

La práctica de incorporar el fertilizante en el suelo mostró que tiene un mayor aprovechamiento por la planta y se refleja un rendimiento mayor del cultivo.

El tratamiento número tres (T3) obtuvo caña con mayor longitud de 238.5 cm; seguido por el tratamiento número cuatro (T4) de 235.7cm.

La incorporación del fertilizante dentro del suelo, como es recomendado por la WWF, SICB, y SIRDI demostró ser eficiente lo cual se demostró en los parámetros evaluados.

### **6.- Recomendaciones**

Realizar el ensayo en caña planta para obtener un estudio completo y bajo control absoluto del mismo; lo cual inicie en la siembra y culmine con la cosecha.

Realizar un estudio de factibilidad económica para conocer las ventajas y/o desventajas de cada modelo (tratamiento) sobre la otra.

Obtener la maquinaria é implementos adecuados con vistas a reducir los costos en las labores de aplicación, y obtener aumentos en los rendimientos con la mínima alteración del suelo y daños ambientales.

Evaluar dosis de fertilizantes para mirar cual seria la más adecuada en cuanto a rendimiento y costo.

## 7.- BIBLIOGRAFIA

Arzuaga Sánchez, José (2004). Final Report on the Sugar Industry of Belize. TECHNOAZUCAR Cuba Consultant. Belize

Belize Sugar Industry Control Board. 2006. Belize Country Adaptation Strategy for the Sugar Cane Industry 2006-2015. Belmopan, Belize.

Bull AT, Glasziou KT (1983) Caña de azúcar. En Evans LT (Ed.) Fisiología de cultivos. Hemisferio Sur. México. pp.59-82.

Chen JCP (1991). Manual de azúcar de caña. Edit. Limu SA. México. 1,200 pp.

CONITTA, 1991. Caña de Azúcar. Saccharum spp. Gramínea. Comisión Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuario, CONITTA. Ministerio de Agricultura y Ganadería, UNED, San José, Costa Rica, 1991. 33p

CIMMYT (Centro Internacional del Mejoramiento de Maíz y Trigo, ME), 1998. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente reservada, México, D.F., México. 79p

Humbert, RP (1974). El Cultivo de la Caña de Azúcar. Continental. México. 719 pp.

Mejía, M (2005). Identificación de la actuales practicas de manejo del cultivo de caña y determinación de sus impacto ambiental en Orange Walk y Corozal, Belize. 60 p

Meyer, J. H. (1991). The results of P fertilizer trials conducted in the Natal Midlands. Proc. S Afr Sug Technol Ass 53: 182 -188.

Nickell ZG, Tanimoto T (1968). Sugar Cane ripening with chemicals. Hawaiian Sugar Technologist. Pp. 104-109.

Orlando, J. (1996). Recomendaciones para la fertilización de la caña de azúcar en Brasil. Memorias de las Jornadas de actualización en fertilización. Junio de 1996. Tucumán, Argentina.

Robertson MJ, Muchow RC, Wood AW, Campbell JA (1996) Accumulation of reducing sugars by sugarcane: effects of crop age, nitrogen supply, and cultivar. Field Crop Res. 49: 39-50.

Salgado GS, Núñez ER, Peña CJJ, Etchevers BJD Palma LDJ, Soto HMR (2001) Eficiencia de recuperación del nitrógeno fertilizante en soca de caña de azúcar sometida a diferente manejos de fertilización. Terra 19:155-162.

Subiros, F (1995). El cultivo de la caña de azúcar. EUNED. 1. ed. San José, Costa Rica. 448 p.

## **8.- ANEXOS**



## 8.1 ACTA (CHARTER) DEL PROYECTO

<b>Información principal y autorización de proyecto</b>	
<b>Fecha:</b> 20 de enero de 2010	<b>Nombre de Proyecto:</b> Estudio de métodos de aplicación de fertilizante para productores de caña de azúcar recomendado por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)/ Cámara de Azúcar de Belice (SICB)/ Instituto de Investigación y Desarrollo de la Industria Azucara (SIRDI) en Belice.
<b>Áreas de conocimiento:</b> <i>Buenas Practicas Agrícolas en Caña de Azúcar</i>	<b>Área de aplicación:</b> Incluye al sector publico (Ministerio de Agricultura), privado (Cámara de Azúcar de Belice (SICB)/ Instituto de Investigación y Desarrollo de la Industria Azucara (SIRDI) y ONG's (Fondo Mundial para la Naturaleza)
<b>Fecha de inicio del proyecto:</b> tercera semana de enero de 2010	<b>Fecha tentativa de finalización del proyecto:</b> primera semana de mayo de 2009
<p><b>Objetivos del proyecto:</b></p> <p><b>General:</b> Reducir la cantidad de fertilizantes aplicados por unidad de producción en cana de azúcar implementando buenas practicas agrícolas.</p> <p><b>Específicos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Evaluar el rendimiento de la caña de azúcar bajo diferentes métodos de aplicación de fertilización.</li> <li>b. Cuantificar / medir el número, grosor, altura de los tallos y rendimientos de caña de azúcar bajo diferentes métodos de aplicación de fertilizantes.</li> <li>c. Realizar una análisis de beneficio / costo de los tratamientos basado en el rendimiento de la cana en toneladas por acre.</li> <li>d. Evaluar la eficiencia de la aplicación de fertilizante recomendada por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)/ Cámara de Azúcar de Belice (SICB)/ Instituto de Investigación y Desarrollo de la Industria Azucara (SIRDI)</li> </ol>	
<b>Descripción del producto:</b> identificación de Mejores Practicas Agrícola para	

los productores de caña de azúcar en Belice orientadas a reducir el uso de fertilizantes por unidad de producción sin afectar los ingresos económicos al productor y la vez que disminuya los impactos ambientales en la zona de Arrecife Mesoamericano.

***Necesidad del proyecto:***

El Arrecife Mesoamericano (MAR) se extiende sobre 1,000 kilómetros a lo largo de las costas del Caribe, cubriendo la Península de Yucatán, México, Belice, Guatemala y Honduras. El MAR contiene el segundo arrecife más largo del mundo y le da abrigo a una variada flora y fauna marina. Esta joya del Caribe es única en el hemisferio oeste, no solo por su tamaño, sino por su variado tipo de arrecifes de coral y que ha sido reconocida como un área prioritaria de conservación por muchas organizaciones internacionales, incluyendo a WWF. La eco-región del MAR es extremadamente de valor no solamente por su rica biodiversidad y productividad, sino por su generación de actividades económicas como ser el turismo y la pesca, las cuales continúan creciendo y contribuyen significativamente a las economías nacionales de la región. Desafortunadamente, estas mismas actividades económicas son las que presentan una amenaza a la integridad de esta eco-región.

El Programa de Agricultura y el Ambiente del WWF para el área terrestre del Arrecife Mesoamericano (MAR) se enfoca en desarrollar e implementar mejores prácticas de manejo en las operaciones agrícolas intensivas con cultivos propios de la zona como palma aceitera, cítricos, bananos y caña de azúcar entre otros; el programa se enfoca en desarrollar una plataforma científica y tecnológica que conlleve a armonizar las actividades agrícolas con la salud de sus habitas terrestres y marinos del MAR, y así un desarrollo humano sustentable y menor impacto ambiental; y por ultimo busca utiliza principios aplicados de las ciencias agrícolas, sociales, económicas y ambientales, conjuntamente con tecnologías de información y comunicación para desarrollar y distribuir una base de conocimiento espacial y temporal que empodere a los usuarios y favorezca la adopción y despliegue de las mejores prácticas agrícolas en el área terrestre del MAR.

La producción de caña de azúcar continúa siendo la mayor actividad Agrícola en Belice aportando una contribución significativa al sector Agrícola, ingreso nacional y atracción de divisas. La industria provee empleo directo a más de 10,000 personas incluyendo agricultores emprendedores, trabajadores de campo, oficiales o inspectores de campo y operadores en la fábrica. Según reporte del Ministerio de Agricultura, más de la mitad del de la fuerza laboral del sector Agrícola es directamente empleada. De igual forma podemos mencionar que el 28% de la población dependen directamente de la industria cañera haciéndola mas importante. La caña de azúcar en Belice se crece en aproximadamente 65,000 acre de terreno en los distritos de Corozal y Orange Walk. Sin embargo una de las aéreas débiles dentro de la industria se aprecia en la poca capacidad y conocimiento de los productores en la aplicación de

insumos como fertilizantes y químicos que causan pérdidas económicas y contaminación de nuestro ambiente y que finalmente van a parar a los arrecifes.

Por lo tanto la WWF en Belice a través de su programa de agricultura, busca conjuntamente con los diferentes sectores directamente involucrados, el desarrollo de tecnologías de buenas prácticas agrícolas que prevengan el deterioro de los ecosistemas en estas áreas y que a la vez incrementen el ingreso de los productores de caña de azúcar; dándoles así una capacidad mayor de mejorar sus vidas.

***Justificación de impacto:***

En la zona cañera de Belice han existido muchas iniciativas de apoyo para tratar de desarrollar e implementar programas de buenas prácticas agrícolas que garanticen y salvaguarden los principios fundamentales en la prevención de la contaminación de los ecosistemas y aseguren la protección de los cultivos para incrementar sus rendimientos. Sin embargo es de suma importancia las evaluaciones de los diferentes paquetes tecnológicos, específicamente en el área de fertilización del cultivo, utilizados y de aplicación en la zona; por lo cual el presente proyecto busca evaluar los diferentes métodos de aplicación de fertilizantes en caña de azúcar recomendado por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)/ Cámara de Azúcar de Belice (SICB)/ Instituto de Investigación y Desarrollo de la Industria Azucara (SIRDI) en Belice. De igual forma, se espera que los resultados sobre la evaluación proporcionen los criterios necesarios para poder sugerir la mejora de implementación de futuras prácticas de fertilización en caña de azúcar.

***Restricciones:***

Disponibilidad y tiempo en la recolección de los datos de campo para poder sugerir el mejor método de aplicación de fertilizante en caña de azúcar en Belice.

***Entregables:***

- Informe completo sobre los resultados de los distintos métodos de aplicación de fertilizantes en caña de azúcar para la zona cañera en Belice.
- Un análisis económico de costo/beneficio sobre los distintos métodos de aplicación de fertilizantes.

***Identificación de grupos de interés (stakeholders):***

**Cliente(s) directo(s):** Ministerio de Agricultura; Fondo Mundial para la

Naturaleza (WWF)/ Cámara de Azúcar de Belice (SICB)/ Instituto de Investigación y Desarrollo de la Industria Azucara (SIRDI), productores de caña de azúcar de Belize.

**Clientes indirectos:** Distintos ministerios y Organismos de conservación del medio ambiente

***Aprobado por:***

***Firma:***

## 8.2 DECLARACION DEL ALCANCE DEL PROYECTO

**Proyecto:** Estudio de métodos de aplicación de fertilizante para productores de caña de azúcar recomendado por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)/ Cámara de Azúcar de Belice (SICB)/ Instituto de Investigación y Desarrollo de la Industria Azucara (SIRDI) en Belice.

**Fecha:** 20 de enero de 2010

### **Planteo del problema (necesidad, oportunidad) y justificación del proyecto:**

El Arrecife Mesoamericano (MAR) se extiende sobre 1,000 kilómetros a lo largo de las costas del Caribe, cubriendo la Península de Yucatán, México, Belice, Guatemala y Honduras. El MAR contiene el segundo arrecife más largo del mundo y le da abrigo a una variada flora y fauna marina. Esta joya del Caribe es única en el hemisferio oeste, no solo por su tamaño, sino por su variado tipo de arrecifes de coral y que ha sido reconocida como un área prioritaria de conservación por muchas organizaciones internacionales, incluyendo a WWF. La eco-región del MAR es extremadamente de valor no solamente por su rica biodiversidad y productividad, sino por su generación de actividades económicas como ser el turismo y la pesca, las cuales continúan creciendo y contribuyen significativamente a las economías nacionales de la región. Desafortunadamente, estas mismas actividades económicas son las que presentan una amenaza a la integridad de esta eco-región. El Programa de Agricultura y el Ambiente del WWF para el área terrestre del Arrecife Mesoamericano (MAR) se enfoca en desarrollar e implementar mejores prácticas de manejo en las operaciones agrícolas intensivas con cultivos propios de la zona como palma aceitera, cítricos, bananos y caña de azúcar entre otros; el programa se enfoca en desarrollar una plataforma científica y tecnológica que conlleve a armonizar las actividades agrícolas con la salud de sus hábitats terrestres y marinos del MAR, y así un desarrollo humano sustentable y menor impacto ambiental; y por último busca utilizar principios aplicados de las ciencias agrícolas, sociales, económicas y ambientales, conjuntamente con tecnologías de información y comunicación para desarrollar y distribuir una base de conocimiento espacial y temporal que empodere a los usuarios y favorezca la adopción y despliegue de las mejores prácticas agrícolas en el área terrestre del MAR.

La producción de caña de azúcar continúa siendo la mayor actividad Agrícola en Belice aportando una contribución significativa al sector Agrícola, ingreso nacional y atracción de divisas. La industria provee empleo directo a más de 10,000 personas incluyendo agricultores emprendedores, trabajadores de campo, oficiales o inspectores de campo y operadores en la fábrica. Según reporte del Ministerio de Agricultura, más de la mitad del de la fuerza laboral del sector Agrícola es directamente empleada. De igual forma podemos mencionar que el 28% de la población dependen directamente de la industria cañera haciéndola mas importante. La caña de azúcar en Belice se crece en

aproximadamente 65,000 acre de terreno en los distritos de Corozal y Orange Walk. Sin embargo una de las aéreas débiles dentro de la industria se aprecia en la poca capacidad y conocimiento de los productores en la aplicación de insumos como fertilizantes y químicos que causan perdidas económicas y contaminación de nuestro ambiente y que finalmente van a parar a los arrecifes. Por los tanto la WWF en Belice a través de su programa de agricultura, busca conjuntamente con los diferentes sectores directamente involucrados, el desarrollo de tecnologías de buenas prácticas agrícolas que prevengan el deterioro de los ecosistemas en estas áreas y que a la vez incrementen el ingreso de los productores de caña de azúcar; dándoles así una capacidad mayor de mejorar sus vidas.

En la zona cañera de Belice han existido muchas iniciativas de apoyo para tratar de desarrollar e implementar programas de buenas prácticas agrícolas que garanticen y salvaguarden los principios fundamentales en la prevención de la contaminación de los ecosistemas y aseguren la protección de los cultivos para incrementar sus rendimientos. Sin embargo es de suma importancia las evaluaciones de los diferentes paquetes tecnológicas, específicamente en el área de fertilización del cultivo, utilizados y de aplicación en la zona; por lo cual el presente proyecto busca evaluar los diferentes métodos de aplicación de fertilizantes en caña de azúcar recomendado por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)/ Cámara de Azúcar de Belice (SICB)/ Instituto de Investigación y Desarrollo de la Industria Azucara (SIRDI) en Belice. De igual forma, se espera que los resultados sobre la evaluación proporcionen los criterios necesarios para poder sugerir la mejora de implementación de futuras prácticas de fertilización en cana de azúcar.

### **Objetivo(s) del proyecto:**

**General:** Reducir la cantidad de fertilizantes aplicados por unidad de producción en cana de azúcar implementando buenas practicas agrícolas.

### **Específicos:**

- a. Evaluar el rendimiento de la caña de azúcar bajo diferentes métodos de aplicación de fertilización.
- b. Cuantificar / medir el número, grosor, altura de los tallos y rendimientos de caña de azúcar bajo diferentes métodos de aplicación de fertilizantes.
- c. Realizar una análisis de beneficio / costo de los tratamientos basado en el rendimiento de la cana en toneladas por acre.
- d. Evaluar la eficiencia de la aplicación de fertilizante recomendada por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)/ Cámara de Azúcar de Belice (SICB)/ Instituto de Investigación y Desarrollo de la Industria Azucara (SIRDI)

**Producto principal del proyecto:**

identificación de Mejores Practicas Agrícola para los productores de caña de azúcar en Belice orientadas a reducir el uso de fertilizantes por unidad de producción sin afectar los ingresos económicos al productor y la vez que disminuya los impactos ambientales en la zona de Arrecife Mesoamericano.

**Entregables del proyecto:**

El proyecto tendrá varios entregables que se los detalla a continuación:

- Informe completo sobre de los resultados de los distintos métodos de aplicación de fertilizantes en caña de azúcar para la zona cañera en Belize.
- Un análisis económico de costo/beneficio sobre los distintos métodos de aplicación de fertilizantes.

### 8.3 Estructura de División del Trabajo (EDT)

ENTREGABLES	TAREAS
<b>Tema</b>	Estudio de métodos de aplicación de fertilizante para productores de caña de azúcar recomendado por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)/ Cámara de Azúcar de Belice (SICB)/ Instituto de Investigación y Desarrollo de la Industria Azucara (SIRDI) en Belice.
<b>Diseño de proyecto</b>	Búsqueda de información
	Elaboración de la Carta del Proyecto, Alcance y EDT
	Elaboración de la introducción y del Cronograma
	Creación del marco teórico y metodológico
	Generación del esquema de contenidos, bibliografía y resumen ejecutivo
<b>Implementación del Proyecto</b>	Recopilación de los datos de campo de las parcelas utilizadas para el ensayo
	Organización de los datos de campo por tratamiento y localidad
	Análisis de los datos de campo obtenidos de las parcelas
	Elaboración del análisis estadísticos de los datos de campo obtenidos
	Establecer diferencias significativas entre los tratamientos y localidades bajo estudio



	Elaboración del análisis económico basados en los datos de campo obtenidos en el ensayo
	Establecer diferencias económicas que serán recomendados a los productores
	Conclusiones y recomendaciones
	Cierre del PFG
	Entrega de documento final
	Revisión de lectores
<b>Presentación proyecto</b>	Corrección a las observación sugeridas
	Preparar presentación del trabajo
	Presentación y defensa del proyecto

#### 8.4. Tabla de datos estadísticos

Source of Variation	Degrees of Freedom	Stem Length	Average Diameter	Yield
		Prob > F		
Total	9			
Model	5	0.1454	0.0555	0.0304*
Location	1	0.3601	0.0155*	0.0488*
Treatment	4	0.1187	0.1406	0.0308*
Error	4			
RSquare Adj		0.54270	0.730323	0.80392

Least Square Means	Stem Length cm	Average Diameter cm	Yield Tc/A
<b>Location</b>			
Orange Walk	226 A	26 A	24.7 A
Corozal	216 A	24 B	21.3 B
	<b>Levels not connected by the same letter are significantly different at <math>\alpha = 0.050</math></b>		
<b>Treatments</b>			
Cultivation, broadcast incorporated	239 A	26 A	27.5 A
Side dressed covered	236 A	26 A B	25.0 A B
Broadcast Incorporated	223 A B	26 A B	24.3 A B
Broadcast no incorporated	218 A B	24 A B	21.0 B
No Fertilization	190 B	24 B	17.1 C
	<b>Levels not connected by the same letter are significantly different at <math>\alpha = 0.050</math></b>		
<b>Over all Mean</b>	<b>221</b>	<b>25</b>	<b>23</b>
Standard Deviation ( $\pm$ )	<b>14.3</b>	<b>0.73</b>	<b>1.95</b>
CV %	<b>6.64</b>	<b>2.90</b>	<b>8.47</b>

## 8.5 Costo de producción para un acre de terreno en Belize

Activity	Quant	Unit	Unit Price	Total
<b>Land Preparation</b>				
Plough 1st pass	1	acre	125	125
Plough 2nd pass	1	acre	90	90
Harrow 1st pass	1	acre	45	45
Harrow 2nd pass	1	acre	40	40
Furrow	1	acre	45	45
<b>Subtotal</b>				<b>345</b>
<b>Planting</b>				
Seed	1	trip	125	125
Labour cut, load and spread seed	1	trip	100	100
Transport cut, load and spread seed	1	trip	70	70
Cover cane seed	1	acre	35	35
<b>Subtotal</b>				<b>330</b>
<b>Fertilisation</b>				
Fertiliser at planting	3	bag	55.45	166
Fertiliser side dressing	2	bag	52	104
Labour application	5	bag	3.5	18
<b>Subtotal</b>				<b>288</b>
<b>Weed Control</b>				
Diurion Liquid	3	pint	10.21	31
Ametryn	3	pint	6.31	19
2,4-D amine	2	pint	3.59	7
Round Up	0.75	pint	7.15	5
Labour application	12	sprayer	2.5	30
<b>Subtotal</b>				<b>92</b>
<b>Interrow cultivation/moulding</b>	1	acre	35	35
<b>Total Cost Growing</b>				<b>1090</b>
<b>Finance Charge (12%) on Cost Growing</b>				131
<b>Harvesting</b>				
Cut	24	ton	7	168
Load	24	ton	5	120
Transport	24	ton	15	360
<b>Subtotal</b>				<b>648</b>
<b>GRAND TOTAL</b>				<b>1869</b>

## 8.6 Flujo de caja por acre de caña de azúcar en Belize

Activity	Establishment year 1	Maintenance year 2	Maintenance year 3	Maintenance year 4	Maintenance year 5	Maintenance year 6	Maintenance year 7
Establishment Cost	1090						
Maintenance Cost		289	289	289	289	289	289
Interest (12%)	131	35	35	35	35	35	35
Harvest Cost	648	729	729	729	675	675	648
Total Cost	1869	1052	1052	1052	998	998	971
Yield (ton/acre)	24	27	27	27	25	25	24
Price \$/ton	54	54	54	54	54	54	54
Gross Benefit	1296	1458	1458	1458	1350	1350	1296
Net Benefit	-573	406	406	406	352	352	325