

**Evaluación económica de la práctica de  
resiembra en caña de azúcar en el Ingenio  
San Antonio, Nicaragua**

**German Leonardo Toruño Castro**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2010

ZAMORANO  
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

# **Evaluación económica de la práctica de resiembra en caña de azúcar en el Ingenio San Antonio, Nicaragua**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Administración de Agronegocios en el Grado  
Académico de Licenciatura

Presentado por

**German Leonardo Toruño Castro**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2010

# **Evaluación económica de la práctica de resiembra en caña de azúcar en el Ingenio San Antonio, Nicaragua**

Presentado por:

German Leonardo Toruño Castro

Aprobado:

---

Fredi Arias, Ph.D.  
Asesor principal

---

Ernesto Gallo, M.Sc., M.B.A.  
Director  
Carrera de Administración de  
Agronegocios

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Adolfo Fonseca, M.A.E.  
Asesor

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

---

Gustavo Robleto, M.Sc.  
Asesor

## RESUMEN

Toruño, G. 2010. Evaluación económica de la práctica de resiembra en caña de azúcar en el Ingenio San Antonio, Nicaragua. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Administración de Agronegocios, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 30 p.

La resiembra es una práctica de cultivo necesaria en la producción de caña de azúcar y consiste en reponer el material de siembra que no germinó o donde la caña no retoñó después del corte; sin embargo, es muy poco lo que se conoce sobre la rentabilidad de ésta. El objetivo general de este estudio fue determinar la factibilidad económica del nivel de resiembra doble en caña retoño de segundo corte en el Ingenio San Antonio, Nicaragua. Se realizó un ensayo de campo para conocer el efecto de la longitud del espacio libre en el surco y la despoblación sobre los rendimientos de la caña de azúcar y cómo la resiembra ayuda a disminuir este efecto. El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar con arreglo factorial  $3 \times 3 \times 2$  y con tres repeticiones. Los factores considerados fueron: longitud del espacio libre en el surco (70, 100, 125 cm), porcentaje de despoblación (10, 20, 30) y resiembra (Sí, No). Las variables que se midieron fueron la cantidad de semilla resembrada, el rendimiento de caña a los 256 días y se determinaron los costos y beneficios económicos. Para el análisis estadístico se hizo un análisis de varianza, separación de medias por la prueba Tukey y análisis de regresión, el nivel significancia fue de  $P \leq 0.05$ . Los resultados fueron que resembrar espacios de 70 cm produce 57.31 t/mz y sin resiembra se obtiene 59.83 t/mz. Resembrando los espacios de 100 y 125 cm se obtiene mayor producción y beneficio que sin resiembra. Todos los porcentajes de despoblación utilizados presentaron mayor producción con resiembra que sin resiembra, sin embargo, sólo si se resiembra con 20% de despoblación se genera un beneficio significativamente mayor que sin resiembra. Por lo tanto, la resiembra es factible cuando se realiza en espacios mayores de 100 cm y cuando la despoblación es mayor de 10%, pero menor a 30%.

**Palabras clave:** Beneficio económico, despoblación, rendimiento, resiembra.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 METODOLOGÍA .....</b>	<b>9</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>4 CONCLUSIONES .....</b>	<b>20</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>22</b>
<b>7 ANEXOS .....</b>	<b>23</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Duración (días) de las etapas de crecimiento de la caña de azúcar .....	1
2. Distribución de manzanas resembradas por porcentaje de despoblación durante el primer tercio de la zafra 2009-2010 en el Ingenio San Antonio .....	4
3. Costo estándar de resiembra sencilla para una manzana efectiva. Zafra 2009-2010, Ingenio San Antonio.....	5
4. Costo estándar de resiembra doble para una manzana efectiva. Zafra 2009-2010, Ingenio San Antonio.....	5
5. Costo de renovación de una manzana de caña en el Ingenio San Antonio .....	6
6. Niveles de variación por cada factor a considerar.....	9
7. Estructura de la despoblación según el porcentaje y la longitud del espacio.....	10
8. Rendimiento en toneladas de caña (t/mz) según la longitud del espacio libre con resiembra y sin resiembra.....	13
9. Comparación del beneficio económico (\$/mz) entre resiembra y no resiembra según longitud del espacio libre .....	16
10. Regresión de la cantidad de paquetes para resembrar una manzana efectiva de forma doble.....	18
11. Comparación de costos (\$) de resiembra doble para una manzana efectiva .....	19
Figura	Página
1. Comparación del rendimiento en toneladas de caña por manzana (t/mz) según el porcentaje de despoblación con y sin resiembra .....	14
2. Rendimientos simulados en función del porcentaje de despoblación del lote con resiembra y sin resiembra.....	15
3. Comparación del beneficio económico (\$/mz) entre resiembra y no resiembra según porcentaje de despoblación .....	17
Anexo	Página
1. Imágenes de resiembra sencilla y resiembra doble .....	23
2. Mapa del ensayo.....	24
3. Manejo agronómico del ensayo.....	25
4. Cuadro de rendimientos, costos y beneficios por combinaciones.....	26
5. Análisis de regresión con y sin resiembra .....	27
6. Programación SAS .....	29

## 1. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es originaria de Asia, fue introducida a América por los españoles en el siglo XV y su importancia mundial radica en que alrededor del 50% del azúcar que se consume se hace de la caña (Guerrero 1999).

La caña tiene tallos de 2 a 5 m de altura y diámetro de 5 a 6 cm, la raíz primaria procede del embrión y del tallo; también se originan raíces adventicias, éstas se dividen a su vez en primordiales y permanentes (Guerrero 1999). Algunas variedades de caña suelen florear, pero esto es indeseable en una plantación puesto que la caña empieza a consumir los azúcares, por tanto en algunos casos es necesario aplicar reguladores de crecimiento al cultivo (Subirós 1995 a).

La caña de azúcar presenta cuatro fases de desarrollo y el conocimiento, así como la determinación de éstas, es de gran importancia puesto que la planificación de las actividades de mantenimiento de la plantación depende del estado de desarrollo del cultivo (Subirós 1995 a) y la duración de éstas varía si la caña es virgen (planta) o soca (FAO 2006). Una caña virgen, conocida también como caña planta, es un término que se le da a una plantación que no ha sido cosechada ni una vez, es decir, no ha completado su primer ciclo. Soca es el nombre que recibe el retoño de la caña, es decir, cuando la plantación ha sido cosechada más de una vez.

Las fases o etapas de desarrollo de la caña son: germinación y emergencia, macollamiento y cierre de la plantación, período de rápido crecimiento y la fase de maduración; en esta última etapa la caña detiene su crecimiento vegetativo y empieza a acumular sacarosa. En el cuadro 1 se muestra la duración de cada una de estas etapas:

Cuadro 1. Duración (días) de las etapas de crecimiento<sup>1</sup> de la caña de azúcar.

Caña de azúcar	Etapa				Duración total	Región
	Inicial	Desarrollo	Media	Final		
Virgen	35	60	190	120	405	Latitudes Bajas
	50	70	220	140	480	Trópicos
	75	105	330	210	720	Hawái, EU
Soca	25	70	135	50	280	Latitudes Bajas
	30	50	180	60	320	Trópicos
	35	105	210	70	420	Hawái, EU

Fuente: FAO 2006

<sup>1</sup>Las duraciones de las etapas de crecimiento presentadas en este cuadro son indicativas de condiciones generales, pudiendo variar significativamente de región a región, con las condiciones climáticas y de cultivo, y con la variedad del cultivo. Se recomienda al usuario obtener información local apropiada.

La caña de azúcar fue introducida en Nicaragua a mediados del siglo XVI, en tiempos de la Colonia española. Al principio, la actividad azucarera era rústica y se daba en haciendas y estancias, cuya producción era destinada para el consumo interno. A finales del siglo XVII, Nicaragua comienza a exportar azúcar en crudo, sin embargo, es hasta 1892 que se funda el primer ingenio, El Ingenio San Antonio (CNPA 2009).

En 2009, el valor de la producción nacional de azúcar en Nicaragua fue de \$181, 600,000 y se exporta un equivalente a \$50, 400,000 (BCN 2009). El área sembrada es de 65,000 manzanas, distribuidas en zonas rurales de los municipios de Chichigalpa, El Viejo, Belén, Potosí y San Rafael del Sur, existen alrededor de 650 productores privados. La industria azucarera está organizada en un Comité Nacional de Productores de Azúcar, el cual está conformado por cuatro ingenios: San Antonio, Monte Rosa, Benjamín Zeledón y Montelimar. Toda la industria genera aproximadamente 35,283 empleos entre directos e indirectos (CNPA 2009).

El Ingenio San Antonio es el más grande de Nicaragua y produce, además de azúcar, energía y etanol. Desde años atrás viene impulsando políticas de crecimiento y eficiencia productiva en todos los niveles. En el área agrícola están enfocándose en aumentar la productividad, reducir costos de producción y usar los recursos de manera más eficiente. Es por eso que el Departamento de Investigación Agrícola del Ingenio San Antonio está interesado en conocer la factibilidad financiera de la resiembra.

La resiembra es una práctica que consiste en reponer el material de siembra que no germinó o donde la caña no retoñó después del corte y de tal manera, mantener una población de tallos con densidad adecuada. En soca la actividad debe realizarse durante las primeras 4 semanas después de la cosecha (Bakker 1999). Puede realizarse con esquejes (trozos de tallo), plántulas o macollas (recepta).

Para determinar si una plantación de caña amerita o no resiembra, se debe tomar en cuenta dos criterios: primero, la longitud del espacio sin caña, es decir, espacios libres en el surco; y segundo, la equivalencia porcentual (respecto al área de la plantación) de los espacios libres considerados como fallas. Este último criterio es lo que se conoce como porcentaje de despoblación y se estima realizando muestras, de una longitud determinada, en la plantación y en la cual sólo se van sumando los espacios libres mayores a la longitud establecida como pérdida; de ahí esta sumatoria se divide entre el tamaño de la muestra. Al final el porcentaje de despoblación del lote es el promedio de las muestras. Esta evaluación es llamada recuento de despoblación.

Una vez que se ha realizado el recuento de despoblación y determinado que el lote amerita o no resiembra, y la semilla se ha transportado al lote, los operarios de campo entran en el lote y van abriendo zanjas, de unos 10 a 15 cm de profundidad, en los espacios donde requiere resiembra (depende de la longitud considerada como despoblada); después que los operarios consideran que han zanjeado lo suficiente para distribuir la caña que les fue asignada como tarea, proceden a depositar la caña en las zanjas y luego la tapan con tierra.



Es muy poco lo que se conoce sobre la rentabilidad económica de la resiembra. Algunos autores recomiendan resembrar cuando existen espacios libres en el surco mayores a 0.7 m (Bakker 1999); otros cuando los espacios libres son mayores a 1.0 m (James 2004), cuando el porcentaje de despoblación (área descubierta) es mayor al 5% (Porrás 1995) o cuando el área perdida es mayor al 10% y que comprende espacios de una longitud mayor a 1.5 m (Subirós 1995 b). En algunos ingenios de Colombia cuando el porcentaje de despoblación es mayor a 30% se procede a renovar el lote.

## **1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La resiembra es una práctica de cultivo aparentemente necesaria en el manejo de la soca de caña de azúcar, pues una disminución de la población de caña afecta los rendimientos y por lo tanto la ganancia del productor. Sin embargo, se debe resembrar a un nivel adecuado y preciso, ya que el mismo desarrollo del retoño de la caña compensa hasta cierto nivel de pérdida, los espacios libres en el surco, haciendo que la práctica sea innecesaria (James 2004).

Por esta razón, en el Ingenio San Antonio es importante determinar la longitud que debe tener el espacio libre en el surco para considerarse como despoblado, así como el porcentaje de despoblación a partir del cual la resiembra se justifica económicamente y el nivel hasta el cual la resiembra se vuelve muy costosa y por lo tanto, la renovación completa del lote resulta una alternativa más factible.

## **1.2 ANTECEDENTES**

Actualmente, en el Ingenio San Antonio se resiembra en soca, cuando en un surco se encuentra espacios mayores a 0.7 m y con un porcentaje de despoblación mayor de 10%. Sin embargo, no se cuenta con información suficiente relacionada con la factibilidad de esta práctica, su comportamiento en los diferentes tipos de suelos y hasta qué porcentaje de despoblación resulta más factible renovar el lote que resembrarlo (Cuadro 2).

Cuando el porcentaje de despoblación es menor al 10%, se realiza una actividad llamada Recepa, la cual consiste en resembrar con macollas que son sacadas de la misma plantación y se realiza a los 60 días después de la cosecha. Cuando el porcentaje de despoblación es igual o mayor del 10%, se resiembra con esquejes de caña aproximadamente de 60 cm de longitud, provenientes de un lote semillero, y pueden colocarse en forma de traslape (sencilla) o doble (Anexo 1). Sin embargo, durante el primer tercio de la zafra 2009-2010 (15 de noviembre de 2009 al 16 de enero de 2010), en el Ingenio San Antonio, se resembró en lotes de producción con porcentajes de despoblación por debajo del 10%, así como hubo lotes resembrados al 100% de despoblación (Cuadro 2).

En el cuadro 2 se muestra la cantidad de manzanas que fueron resembradas de forma sencilla y de forma doble según el porcentaje de despoblación final que presentaron, es decir, el nivel de resiembra realizado.

Cuadro 2. Distribución de manzanas resembradas por porcentaje de despoblación durante el primer tercio de la zafra 2009-2010 en el Ingenio San Antonio, Nicaragua.

% despoblación final	Resiembra Sencilla		Resiembra Doble	
	Manzanas atendidas	Manzanas efectivas	Manzanas atendidas	Manzanas efectivas
0-10	95	7.76	163	12.15
10-20	383	55.11	467	72.89
20-30	450	115.82	764	196.46
30-40	155	53.46	960	324.73
40-50	268	125.31	278	121.23
50-60	90	50.98	353	192.67
60-70	21	14.03	209	134.08
70-80	32	23.36	41	29.22
90-100	0	0	0	0
100-110 <sup>&amp;</sup>	28	30.05	0	0
Total manzanas	1522	475.88	3235	1083.43

Fuente: Ingenio San Antonio 2010, adaptado por el autor

<sup>&</sup>Es mayor al 100% debido a que en el lote se utilizó una mayor cantidad de semilla que la correspondiente a una manzana efectiva.

Los datos del cuadro 2 corresponden a la sumatoria de cada uno de los lotes resembrados durante el primer tercio de la zafra 2009-2010 en el Ingenio San Antonio. La diferencia entre la resiembra sencilla y la doble es la forma como es colocada, la cantidad de semilla que se utiliza por manzana efectiva y la tarea asignada al personal de resiembra (Cuadros 3 y 4). Para determinar cuántas manzana efectivas se resembraron se divide el número total de paquetes de caña (un paquete tiene 40 esquejes) que fueron utilizados en el lote entre 243 paquetes cuando la resiembra es sencilla y entre 486 cuando la resiembra es doble; por lo tanto, una manzana efectiva representa el área real del lote que fue resembrada. El porcentaje de despoblación final es el resultado de dividir las manzanas efectivas entre el área total (manzanas atendidas) del lote.

Inicialmente, para determinar el porcentaje de despoblación de un lote, se realiza el recuento de despoblación entre 8 y 12 días después de cosechado el lote. El tamaño de la muestra es de 30 m y lo que se hace es ir anotando las longitudes de los espacios mayores a 0.7 m, luego se suman y se determina el porcentaje de pérdida. Generalmente se hace una muestra por manzana. El grado de precisión de este muestreo es crítico ya que es la referencia para determinar si el lote requiere ser resembrado o no.

Los costos estándares asociados a la resiembra sencilla y resiembra doble son aproximadamente de \$138.89 y \$239.59 por manzana efectiva, respectivamente (cuadro 3 y 4).

A continuación se muestran los costos detallados para resembrar una manzana efectiva de forma sencilla.

Cuadro 3. Costo estándar de resiembra sencilla para una manzana efectiva. Zafra 2009-2010, Ingenio San Antonio.

Concepto	Cantidad	Unidad / Medida	Costo \$	
			Unitario	Total
Caña (semilla: paquetes de 40 esquejes)	243	paquete	0.17	41.77
Operarios de resiembra (25 paquetes/jornal)	10	jornal	7.37	73.65
Operarios de muleo	2	jornal	7.05	14.09
Supervisión resiembra (1 supervisor/3 mz)	0.33	jornal	9.47	3.12
Supervisión corte de semilla (1 supervisor/3 mz)	0.33	jornal	9.47	3.12
Supervisión transporte de semilla (1supervisor/3 mz)	0.33	jornal	9.47	3.12
Costo total de resiembra sencilla				138.89

Fuente: Ingenio San Antonio 2010, adaptado por el autor.

Tasa de cambio C\$/\$: 21.3480

Los factores que influyen en el costo de resiembra sencilla para una manzana efectiva son: caña (semilla), los operarios de resiembra y muleo, supervisión de resiembra, corte y transporte de semilla (Cuadro 3). Caña se refiere a la cantidad de semilla que se utiliza, la cual se expresa en paquetes de 40 esquejes. Operarios de resiembra son todos aquellos que directamente realizan la resiembra y los cuales tienen que resembrar 25 paquetes para ganar su jornada. Los operarios de muleo son las personas a las cuales se les paga para mover cierta cantidad de semilla del inicio del lote hacia el interior de éste. La supervisión de resiembra sólo incluye al personal que inspecciona la labor realizada por los operarios de resiembra. Supervisión de corte y transporte de semilla se refieren a los costos incurridos en la supervisión de obtención de la semilla; éstos no son incluidos en el costo del paquete de semilla.

A continuación se muestra el detalle de los costos para una resiembra doble:

Cuadro 4. Costo estándar de resiembra doble para una manzana efectiva. Zafra 2009-2010, Ingenio San Antonio.

Concepto	Cantidad	Unidad / Medida	Costo \$	
			Unitario	Total
Caña (semilla: paquetes de 40 esquejes)	486 <sup>&amp;</sup>	paquete	0.17	83.55
Operarios de resiembra (30 paquetes/jornal)	18	jornal	7.37	132.57
Operarios de muleo	2	jornal	7.05	14.09
Supervisión resiembra (1 supervisor/3 mz)	0.33	jornal	9.47	3.12
Supervisión corte de semilla (1 supervisor/3 mz)	0.33	jornal	9.47	3.12
Supervisión transporte de semilla (1supervisor/3 mz)	0.33	jornal	9.47	3.12
Costo total de resiembra doble				239.59

<sup>&</sup>Se incrementan 2 jornales debido a la ausencia de zanjeo

Fuente: Ingenio San Antonio 2010, adaptado por el autor

Tasa de cambio C\$/\$: 21.3480

Los costos de resiembra doble (Cuadro 4) varían con respecto a la resiembra sencilla debido a que se duplica la cantidad de semilla (Cuadro 3) y la cantidad de operarios para resembrar aumenta, la tarea para el operario aumenta a 30 paquetes por jornada y además se pagan dos jornales adicionales a manera de considerar al personal ya que el lote no se encuentra zanjeado. El resto de los costos son los mismos que en la resiembra sencilla.

Los factores que se toman en cuenta para renovar un lote son el rendimiento en toneladas de caña por manzana en la última cosecha, incidencia de plagas, desarrollo del retoño, despoblación, entre otros. Dado que la despoblación en los lotes ha aumentado, la renovación ha sido una decisión muy difícil de tomar, ya que se tiene la opción de resembrar, la cual es relativamente más barata. Los costos de renovación de una manzana son presentados a continuación:

Cuadro 5. Costo de renovación de una manzana de caña en el Ingenio San Antonio.

Concepto	Cantidad	Unidad/ Medida	Costo \$	Costo \$
			Unitario	Total
<b>Preparación de terreno (maquinaria agrícola)</b>				<b>89.40</b>
Rome (rastra pesada profunda)	0.92	Hora	21.16	19.46
Subsoleo (dos pases)	2	Hora	22.64	45.27
Grada (rastra pesada, dos pases)	0.84	Hora	18.92	15.89
Rayado (surcador)	0.5	Hora	13.36	6.68
Seccionar	0.11	Hora	19.06	2.10
<b>Siembra</b>				<b>138.34</b>
Caña (semilla: paquete de 40 esquejes)	420	Paquete	0.17	72.20
Operarios de siembra (60 paquetes/jornal)	8	Jornal	5.72	45.72
Operarios de muleo	0.5	Jornal	7.05	3.52
Operarios pajeo	1	Jornal	7.05	7.05
Supervisión siembra	0.33	Jornal	9.47	3.12
Supervisión corte de semilla	0.33	Jornal	9.47	3.12
Supervisión transporte de semilla	0.33	Jornal	9.47	3.12
Visualeo	0.05	Jornal	9.47	0.47
<b>Fertilización al momento de siembra</b>				<b>67.80</b>
<b>Costo total de renovación de 1 mz</b>				<b>295.55</b>

Fuente: Ingenio San Antonio 2010, adaptado por el autor

Tasa de cambio C\$/\$: 21.3480

El costo de renovación (cuadro 5) de un lote abarca tres actividades principales: la preparación del terreno, la siembra y la fertilización al momento de la siembra.

En preparación del terreno se incluye cada una de las actividades necesarias para adecuar el lote para su posterior siembra. Los costos en esta sección están relacionados a la utilización del servicio de maquinaria agrícola y representan un promedio del costo para cada una de las actividades puesto que varían dependiendo de la maquinaria (equipo utilizado). El rayado se refiere a surcar el lote y la actividad de seccionar consiste dividir internamente el lote.

El costo de la siembra incluye aspectos iguales que en la resiembra (costos de supervisión), sin embargo, existen variaciones en la cantidad de semilla que se utiliza, la tarea para los operarios que siembran es de 60 paquetes por lo que se requiere menos personal. También aparece que se requieren operarios para realizar la actividad de pajeo, la cual consiste en separar el cogollo de la caña que se está cortando para semilla. Visualeo se refiere a la actividad que se realiza para determinar cómo y en donde se depositará la semilla en el lote.

El costo de fertilización al momento de la siembra lo determina la sección de fertilización del Ingenio y lo que ellos incluyen es el costo del fertilizante y la mano de obra que se utiliza para cargar el fertilizante.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Conocer el nivel de resiembra óptimo, dado las condiciones de producción en el Ingenio San Antonio es de mucha importancia puesto que permitirá a la Gerencia de Campo tomar decisiones sobre resembrar o no, o bien, sobre la renovación de un lote de producción según el porcentaje de pérdida después de cosecha y de esta manera lograr mayor eficiencia en la administración de sus costos de producción y mejorar su productividad.

### **1.4 LÍMITES DEL ESTUDIO**

El estudio solamente es aplicable al Ingenio San Antonio, para la variedad temprana CP 73-1547, en soca de segundo corte y resiembra doble ya que el beneficio neto de la resiembra puede variar en función del productor, de la época del año en que se realiza, el ciclo del cultivo y del precio de la tonelada de caña.

Otra limitante es que la producción se estimó a los 256 días después de cosechado el lote porque a esta edad la caña detiene su crecimiento y empieza a acumular sacarosa; sin embargo, el final de la etapa de crecimiento puede prolongarse dependiendo de las condiciones climáticas presentes durante el ciclo.

### **1.5 OBJETIVOS**

#### **1.5.1 Objetivo General**

Determinar la factibilidad económica del nivel de resiembra doble en caña retoño de segundo corte en el Ingenio San Antonio.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la longitud crítica que debe tener el espacio libre en el surco a partir del cual es necesario resembrar.
- Determinar el porcentaje de despoblación crítico a partir del cual la resiembra se justifica económicamente y el nivel hasta el cual la resiembra resulta tan costosa que es más factible renovar el cultivo.
- Comparar los costos reales de la resiembra doble obtenidos en el estudio con los costos estándares establecidos por el Ingenio San Antonio.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

El ensayo de campo se estableció en el Ingenio San Antonio en el municipio de Chichigalpa, departamento de Chinandega, Nicaragua, en el lote de producción San Cayetano #1, código 63035, variedad CP 73-1547, tipo de suelo franco arcilloso y con sistema de riego por avance frontal. El estudio se llevó a cabo de diciembre de 2009 a agosto de 2010.

### 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se dividió en dos fases: la fase de campo y recolección de datos y la fase análisis estadístico y económico. La fase de campo comprende el establecimiento de un diseño experimental de bloques completamente al azar (BCA) que permitirá conocer el efecto del espacio libre en el surco considerado como despoblación y el efecto de la despoblación sobre el rendimiento de la caña de azúcar (t/mz) y cómo la resiembra contribuye a disminuir este efecto.

#### 2.2.1 Fase de campo y recolección de datos

El ensayo se subdividió en dos: parcelas resembradas y parcelas no resembradas (controles). Los tratamientos son una combinación entre el porcentaje de despoblación y la longitud del espacio considerado como despoblado y la condición de resiembra o no resiembra.

El diseño experimental utilizado en el ensayo fue de bloques completamente al azar (BCA) con arreglo factorial  $3 \times 3 \times 2$  y con tres repeticiones (Anexo 2). Los factores a considerar fueron: longitud del espacio, despoblación y resiembra. En el primer y segundo factor se tiene tres niveles de variación; en el último factor se incluyeron dos niveles de variación que en realidad constituyen dos escenarios distintos. A continuación se presentan las variaciones para cada uno de los factores considerados en el ensayo.

Cuadro 6. Niveles de variación por cada factor a considerar.

Longitud del espacio libre (cm)	Despoblación (%)	Resiembra
70	10	Resembrado o No Resembrado
100	20	Resembrado o No Resembrado
125	30	Resembrado o No Resembrado

Fuente: Autor

Según este arreglo (Cuadro 6) se obtiene un total de 18 tratamientos o combinaciones, resultando un total de parcelas o unidades experimentales de 54. El tamaño de cada parcela fue de seis surcos con 1.5 m de espacio entre surco por 10 m de largo (60 m) equivalente a 90 m<sup>2</sup> y con 1 m de separación al final de cada parcela. El ensayo cubría un área total de 4860 m<sup>2</sup>.

### 2.2.1.1 Establecimiento y manejo del ensayo

Una vez cortado el lote en donde se estableció el ensayo, se delimitaron las parcelas con estacas al inicio y final de cada una. Luego, se despobló cada parcela según el porcentaje de despoblación y longitud del espacio que le correspondía. Sólo las parcelas que serían resemebradas fueron zanjeadas para después resemebrarlas.

En el cuadro 7 se muestra la estructura de la despoblación por porcentaje y la longitud del espacio. En la columna despoblación y longitud del espacio libre se muestra los tres niveles de variación para ambos factores. La columna metros a despoblar corresponde a la longitud total que se despobló según el porcentaje de despoblación determinado, es decir, la despoblación en metros lineales. La columna número de espacios a despoblar se obtiene al dividir los metros a despoblar entre la longitud del espacio libre con la cual se trabajaría en la parcela.

Cuadro 7. Estructura de la despoblación según el porcentaje y la longitud del espacio.

Despoblación %	Longitud espacio libre (cm)	Metros a despoblar	Número de espacios a despoblar
10	70	6	9
10	100	6	6
10	125	6	5
20	70	12	17
20	100	12	12
20	125	12	10
30	70	18	26
30	100	18	18
30	125	18	14

Fuente: Autor

Por ejemplo (Cuadro 7), para las parcelas que tuviesen una combinación de 10% de despoblación y considerando como despoblado un espacio de 70 cm, el total de metros a despoblar serían seis (10% del tamaño en metros lineales de la parcela) y por lo tanto se despoblaron nueve espacios de 70 cm, los cuales se distribuyeron en todos los surcos de la parcela. De esta misma manera se interpreta para las demás filas.

La resiembra fue realizada en el tiempo y la forma con que es realizada en el Ingenio San Antonio e incluso con el mismo personal que se dedica resemebrar. La resiembra se hizo a los 24 días después de cortado el lote y el tipo de resiembra fue doble, es decir, la caña fue



colocada en el lugar zanjado en dos hileras paralelas y juntas. Después de haber establecido el ensayo, el manejo agronómico aplicado fue el mismo que se realiza a un lote comercial con las mismas condiciones del ensayo (Anexo 3).

### **2.2.1.2 Estimación del rendimiento**

El rendimiento se estimó a los 256 días después de la cosecha. Para las parcelas controles (no resembradas) se contaron los tallos en cada surco y se tomó una muestra del 10% de estos tallos para ser pesados. Con estos datos se determinó tallos/metro y peso promedio en libras por tallo y el producto de éstos, usando regla de tres, se llevó a rendimiento en toneladas de caña por manzana (t/mz). Se tomó como referencia que una manzana tiene 4,684 m, esto se obtiene dividiendo el área que tiene una manzana y la distancia entre surco ( $7,026 \text{ m}^2 \div 1.5 \text{ m}$ ); y que una tonelada equivale a 2,000 libras (toneladas cortas).

Para las parcelas resembradas, el rendimiento se determinó de la misma manera que los controles, pero estimando el rendimiento del retoño y del material de resiembra por separado; al final el rendimiento de la parcela comprende la suma del rendimiento del retoño y del material de resiembra.

## **2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se hizo un Análisis de Varianza (ANDEVA) y Separación de Medias por la prueba Tukey para evaluar la diferencia estadística de las medias de rendimiento. El programa estadístico empleado fue SAS (Statistical Analysis System) y el nivel de significancia exigido fue de  $P \leq 0.05$ . También se realizó un análisis de regresión con la ayuda de la herramienta análisis de datos del programa Excel.

La prueba Tukey se utiliza cuando se está realizando comparaciones de medias múltiples y dadas las condiciones del ensayo y por su rigurosidad es una prueba apropiada para determinar si existe significancia estadística entre las comparaciones realizadas.

El análisis de regresión se utilizó para determinar un modelo matemático que simule el rendimiento en toneladas de caña por manzana (t/mz) en función de las variables despoblación y resiembra. Para realizar esta simulación se infirió sobre algunos rendimientos para porcentajes de despoblación de 0% y de 100% para resiembra y no resiembra. Con 0% de despoblación se asume que los rendimientos son iguales resembrando o no, y al 100% de despoblación los rendimientos si se resiembra son los rendimientos de la resiembra como tal y se obtendrá una producción de 0 t/mz cuando no se resiembra.

El análisis de regresión también se utilizó para determinar la cantidad de semilla utilizada para resembrar una manzana efectiva.

## **2.4 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Dentro de este análisis se comparó el beneficio neto al resembrar contra el no hacerlo. Para determinar el beneficio neto se utilizó el precio promedio de la tonelada de caña en

Nicaragua, \$ 19.00. Respecto al precio de la tonelada de caña pueden existir variaciones puesto que el sistema de pago de los ingenios premia o castiga dependiendo del cumplimiento o no del rango de rendimiento en azúcar (libras de azúcar por tonelada de caña) establecido por ellos. Los costos analizados sólo fueron los costos incrementales, es decir, los costos asociados a la resiembra; por lo tanto en los escenarios donde no se resembró el beneficio neto es solamente el valor económico de la producción (rendimiento  $\times$  precio).

#### **2.4.1 Determinación de costos incrementales**

Según el porcentaje de despoblación que presenta el lote, se puede tomar la decisión entre resembrar o no resembrar; la diferencia en costos entre estas dos opciones radica en el incremento en los costos de producción que provoca resembrar.

Los costos de la resiembra se determinaron de dos formas: la primera fue solicitar esta información al departamento responsable de la resiembra; la segunda, fue recolectar estos datos en el campo (ensayo).

Puesto que la cantidad de semilla utilizada para resembrar depende directamente del porcentaje de despoblación y los demás factores que determinan los costos de la resiembra dependen de la cantidad de semilla, se desarrolló, con los datos recopilados por parcela, un modelo matemático (función) para determinar la cantidad de semilla realmente utilizada para resembrar según el porcentaje de despoblación del lote. Para esto se realizó una de regresión usando como variable independiente el porcentaje de despoblación y como variable dependiente la cantidad de semilla.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 ESPACIO LIBRE QUE AMERITA RESIEMBRA

En el cuadro 8 se presentan los rendimientos promedio en tonelada de caña por manzana (t/mz) según la longitud del espacio libre con resiembra y sin resiembra.

Cuadro 8. Rendimiento en toneladas de caña por manzana (t/mz) según la longitud del espacio libre con resiembra y sin resiembra.

Resiembra	Longitud del espacio libre (cm)		
	70	100	125
No	59.83a	52.30b	56.22b
Sí	57.31b	58.53a	62.27a

Fuente: Autor

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas a  $P \leq 0.05$

Utilizando un espacio de 70 cm, como criterio de primer orden para resembrar, existe una diferencia estadísticamente significativa entre resembrar o no resembrar este espacio, sin embargo, el rendimiento es mayor cuando no se resiembra (Cuadro 8), lo cual comprueba que a cierto espaciamiento entre macollas, la caña es capaz de compensar esa pérdida, desarrollando más tallos. También, el hecho que la resiembra a esta longitud no produzca un incremento significativo en el rendimiento, se debe a que el brote de esta resiembra no es capaz de competir por luz, nutrientes y agua, con el retoño ya establecido, pues éste presentaba una mayor altura y le daba sombra a la resiembra cuando ésta germinó.

Resembrar espacios libres de 100 cm genera un incremento significativo en el rendimiento de la caña si es comparado con los rendimientos de no resembrar ese espacio (Cuadro 8). Este incremento se debe a que la resiembra presentó un mayor desarrollo ya que el retoño no ejercía gran influencia en ella (sombra). También, si espacios de 100 cm no son resembrados, la caña no es capaz de compensar esa pérdida de población debido a que si comparamos con la opción de resembrar espacios de 70 cm, se despobló la misma longitud pero con 100 cm se requiere menos espacios para completar esa despoblación (Cuadro 7); por tanto, en donde se utilizó espacios de 70 cm hubo una mayor compensación por haber mayor número de espacios.

Usando espacios libres de 125 cm como criterio de primer orden para resembrar, al igual que con espacios de 100 cm, existe diferencia estadísticamente significativa obteniendo mayores rendimientos resembrando que si no se resiembra (Cuadro 8). Los rendimientos son mayores cuando se resiembra espacios de 125 cm debido a que el brote de resiembra

por tener una longitud amplia tiene mayor acceso a la luz, menos competencia con el retoño y por tanto se desarrolla mejor que los demás espacios.

### 3.2 ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA RESIEMBRA SEGÚN DESPOBLACIÓN

En el análisis anterior (espacio libre que amerita resiembra), se determinó que resembrar espacios de 70 cm no incrementa el rendimiento e incluso los rendimientos son mayores cuando no se resiembra; por esta razón, para analizar el efecto de la resiembra según el porcentaje de despoblación no se incluyeron los datos de estas combinaciones ya que podrían alterar los resultados del análisis.

En la figura 1 se muestra los rendimientos (t/mz) promedios según el porcentaje de despoblación para el escenario de resiembra y no resiembra.

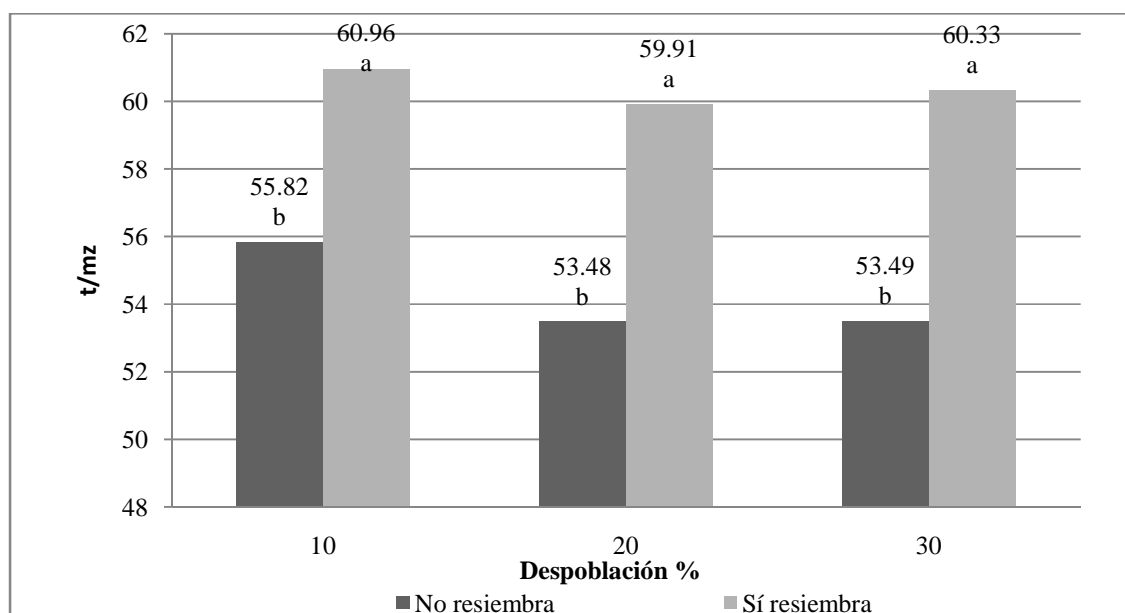


Figura 1. Comparación del rendimiento en toneladas de caña por manzana (t/mz) según el porcentaje de despoblación con y sin resiembra.

Fuente: Autor

Todos los porcentajes de despoblación (10-30) presentaron diferencias significativas en rendimientos (t/mz) entre resiembra y no resiembra. En todos los casos los rendimientos fueron mayores para la resiembra (Figura 1).

Los rendimientos (t/mz) disminuyen al aumentar la despoblación en el escenario de resiembra y en el de no resiembra (Figura 1). Sin embargo, el efecto es más marcado cuando no se resiembra, es decir, la resiembra ayuda a amortiguar el efecto de la despoblación (Figura 2). A pesar de resembrar (aumenta la población de tallos), los rendimientos (t/mz) siempre tienden a disminuir en función del porcentaje de despoblación debido a que ese aumento en la cantidad de resiembra, comparado con la misma proporción de retoño, genera un menor rendimiento.

### 3.3 SIMULACIÓN DE RENDIMIENTOS SEGÚN EL PORCENTAJE DE DESPOBLACIÓN CON RESIEMBRA Y SIN RESIEMBRA

Para simular los rendimientos (t/mz), se utilizó un modelo de regresión lineal para ambos escenarios: con resiembra y sin resiembra. Los modelos matemáticos son presentados a continuación:

Con resiembra

$$Y = 70.22 - 0.56x + e \quad [1]$$

(58.75) (22.3684)

Sin resiembra

$$Y = 67.30 - 0.66x + e \quad [2]$$

(66.89) (31.3737)

Donde,

$Y$  = Rendimientos en toneladas de caña por manzana (t/mz)

$x$  = Porcentaje de despoblación

Ambos modelos son estadísticamente aceptables. El modelo para el escenario con resiembra presenta un  $R^2$  de 0.95 y sin resiembra, un  $R^2$  de 0.97, lo cual dice que los modelos explican el 95% y 97% de los cambios en los rendimientos de caña (t/mz), respectivamente. Respecto al valor  $t$  ( $t$  estadístico) de la variable despoblación en ambos modelos es significativa ( $t \geq 1.96$ ); con resiembra es de  $|22.3684|$  y sin resiembra de  $|31.3737|$  (Anexo 5).

En la figura 2 se muestra el efecto de la despoblación en los rendimientos de caña (t/mz) con y sin resiembra.

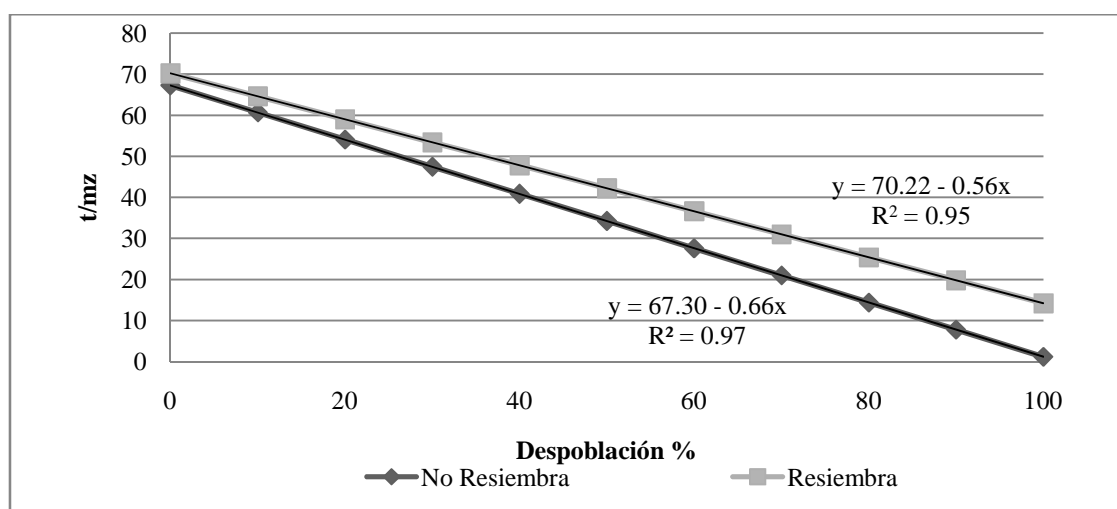


Figura 2. Rendimientos simulados en función del porcentaje de despoblación del lote con resiembra y sin resiembra.

Fuente: Autor

La despoblación causa un efecto negativo en los rendimientos de caña (t/mz) ya sea que se resiembra o no, sin embargo, la resiembra ayuda a disminuir ese efecto (Figura 2). Sin resiembra, por el aumento de 1% de despoblación el rendimiento disminuye en 0.66 t/mz (pendiente) mientras que con resiembra disminuye 0.56 t/mz (pendiente). Es importante mencionar que los demás factores que afectan la producción de caña de azúcar se mantienen constantes.

### 3.4 ANÁLISIS DEL BENEFICIO ECONÓMICO

El beneficio económico neto está dado por la diferencia entre el ingreso recibido por la producción de caña para cada uno de los escenarios y el costo. La diferencia en costos de producción entre decidir si realizar o no la resiembra es el incremento en costos causado por resembrar (Anexo 4).

#### 3.4.1 Análisis del beneficio económico por longitud del espacio libre

El beneficio (\$/mz) es menor cuando se resiembra espacios libres de 70 cm que cuando no es resembrado y la diferencia entre ambos es estadísticamente significativa (Cuadro 9) por lo que espacios de esta longitud no es factible resembrarlos.

La resiembra en espacios de 100 cm produce un incremento significativo en el beneficio (\$/mz) al igual que la resiembra en espacios de 125 cm (Cuadro 9), sin embargo, en este último el beneficio es mayor ya que la resiembra generó un mayor desarrollo (Cuadro 8) el cual justifica su costo.

Cuadro 9. Comparación del beneficio económico (\$/mz) entre resiembra y no resiembra según longitud del espacio libre.

Resiembra	Longitud del espacio libre (cm)		
	70	100	125
No	1,136.85a	993.78b	1,068.3b
Sí	1,050.75b	1,069.29a	1,143.86a

Fuente: Autor

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas a  $P \leq 0.05$

#### 3.4.2 Análisis del beneficio económico por despoblación

El beneficio económico también analizó según el porcentaje de despoblación. La figura 3 muestra la comparación del beneficio entre resembrar y no resembrar.

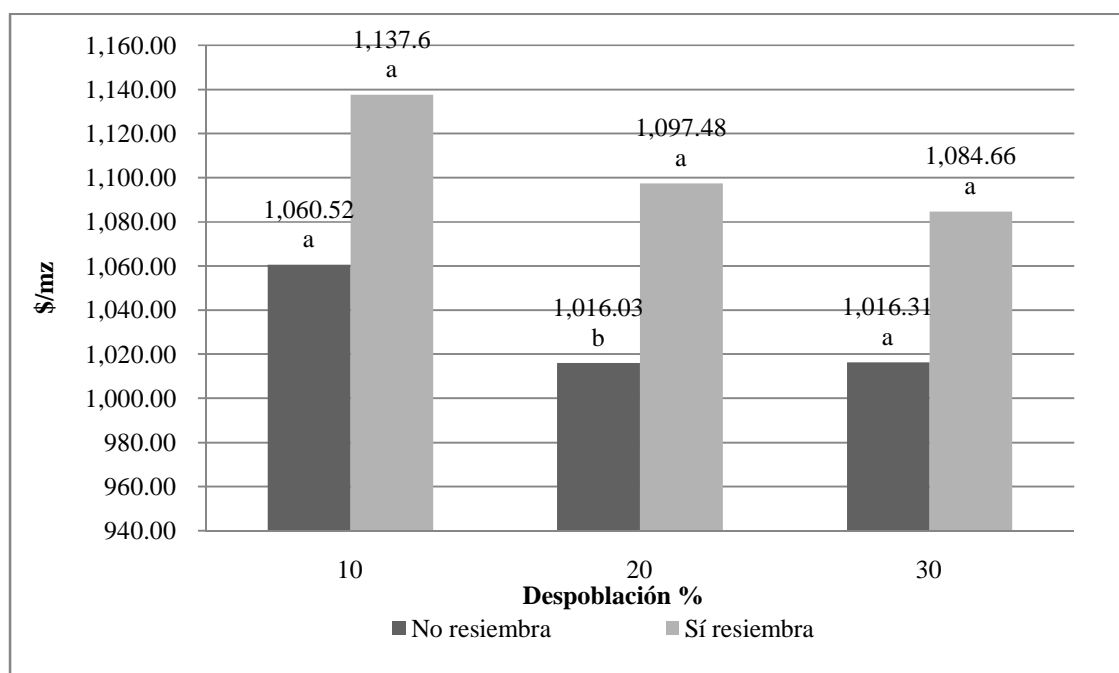


Figura 3. Comparación del beneficio económico (\$/mz) entre resiembra y no resiembra según porcentaje de despoblación.

Fuente: Autor

No existe diferencia estadísticamente significativa en cuanto al beneficio (\$/mz) entre resembrar con 10% de despoblación y no resembrar teniendo ese mismo porcentaje; de igual manera resulta con 30% de despoblación, es decir, que el costo de resembrar con estos porcentajes no se justifica con los rendimientos obtenidos. Sin embargo, con un 20% despoblación, la resiembra resulta más beneficiosa que si no se resiembra con ese porcentaje (Figura 3).

El beneficio (\$/mz) al igual que el rendimiento (t/mz) disminuye a medida que aumenta el nivel de pérdida del lote y esto ocurre tanto con resiembra como sin resiembra, pero al resembrar el beneficio económico es mayor que si no resiembra (Figura 3).

### 3.5 COSTOS DE RESIEMBRA

#### 3.5.1 Cantidad de semilla utilizada para resembrar una manzana efectiva

Los costos de la resiembra están directamente relacionados con la cantidad de semilla que requiere una manzana efectiva y a partir de ésta se calcula la cantidad de operarios que se necesitan para resembrar. Los demás factores que influyen en el costo de la resiembra no varían en función de la cantidad de semilla. Por esta razón y dadas las características del ensayo, se hizo un modelo de regresión para estimar la cantidad real de semilla que se resiembra de forma doble en una manzana efectiva (Cuadro 10).

El modelo de regresión (Cuadro 10) utilizado para estimar la cantidad de paquetes fue un modelo lineal simple y la función obtenida fue:

$$Y = -0.0651 + 3.896x + e \quad [3]$$

(0.0298) (33.4046)

Donde,

$Y$  = cantidad de paquetes de caña por manzana efectiva

$x$  = porcentaje de despoblación

El modelo (función de la cantidad de semilla) presenta un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.97 (Cuadro 10), es decir que explica el 97% de los cambios en la variable dependiente, por lo tanto es aceptable y se ajusta a la realidad.

El  $t$  estadístico para la variable independiente (porcentaje de despoblación) es de |33.4046| (Cuadro 10), lo cual indica que la despoblación es significativa ( $t$  estadístico  $\geq 1.96$ ). Sin embargo, el intercepto de la función ( $x=0$ ) no es significativo ya que tiene un  $t$  estadístico de |0.0298| ( $t$  estadístico  $< 1.96$ ); pues por definición cuando no hay despoblación, no se resiembra entonces la cantidad de semilla utilizada es 0.

Cuadro 10. Regresión de la cantidad de paquetes para resembrar una manzana efectiva de forma doble.

<i>Estadísticas de la regresión</i>						
Coeficiente de correlación múltiple					0.990285579	
Coeficiente de determinación $R^2$					0.980665528	
$R^2$ ajustado					0.979786688	
Error típico					6.389490145	
Observaciones					24	
ANÁLISIS DE VARIANZA						
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>	
Regresión	1	45555.8	45555.80019	1115.86	2.395E-20	
Residuos	22	898.16286	40.82558432			
Total	23	46453.963				
	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	-0.0651	2.1824	-0.0298	0.9765	-4.5911	4.4610
% Despoblación	3.8968	0.1167	33.4046	0.0000	3.6549	4.1388

Fuente: Autor



### 3.5.2 Comparación de costos (\$) de resiembra doble para una manzana efectiva

Comparando los costos para resembrar una manzana efectiva establecidos por el Ingenio San Antonio (ISA) con los costos obtenidos en el ensayo, es notable que la diferencia está en la cantidad de semilla y el número de operarios (Cuadro 11), estos últimos están en función del primero. Según el Ingenio San Antonio (ISA) para resembrar una manzana efectiva (100% de despoblación) se requiere 486 paquetes de caña y 18 operarios (Cuadro 11) mientras que con el ensayo se estimó, utilizando un modelo de regresión (Cuadro 10), que con un 100% de despoblación el personal deposita sólo 390 paquetes de caña y puesto que la tarea por operario es de 30 paquete, sólo se necesitan 13 operarios.

Cuadro 11. Comparación de costos (\$) de resiembra doble para una manzana efectiva.

Concepto	Unidad / Medida	Costo \$ Unitario	Cantidad		Costo \$ Total	
			ISA	Ensayo	ISA	Ensayo
Caña (semilla: paquete de 40 esquejes)	paquete	0.17	486	390	83.55	67.05
Operarios de resiembra (30 paq/jornal)	jornal	7.37	18*	13	132.57	95.75
Operarios de muleo	jornal	7.05	2	2	14.09	14.09
Supervisión resiembra (1supervisor/3 mz)	jornal	9.47	0.33	0.33	3.12	3.12
Supervisión corte de semilla (1 sup/3 mz)	jornal	9.47	0.33	0.33	3.12	3.12
Supervisión transp. semilla (1sup /3 mz)	jornal	9.47	0.33	0.33	3.12	3.12
Costo total de Resiembra doble					239.59	186.26

\*Se incrementan 2 jornales debido a la ausencia de zanjeo

Fuente: Ingenio San Antonio 2010, adaptado por el autor

Tasa de cambio C\$/\$: 21.3480

Es posible que la explicación a la diferencia entre los costos de la resiembra doble establecidos por el Ingenio San Antonio y los costos obtenidos en el estudio sea el desperdicio de semilla al momento que es transportada hasta el campo, cuando los operarios de resiembra toman la semilla, de donde fue ubicada en lote, para luego entrar al lote y resembrar e incluso cuando ellos van transportando y depositando la semilla dentro del lote.

## 4. CONCLUSIONES

- Técnica y económicamente resembrar espacios de 70 cm no es factible puesto que la caña es capaz de compensar esa pérdida. Se recomienda resembrar a partir de espacios de 1 m o más.
- Desde el punto de vista económico, la resiembra debe realizarse a partir de una despoblación mayor al 10% y hasta una despoblación no mayor de 30%.
- Existe una diferencia clara entre los costos de la resiembra doble establecidos por el Ingenio San Antonio y los costos obtenidos en el estudio. Según el Ingenio San Antonio la resiembra doble para una manzana efectiva cuesta \$239.59, mientras que en el estudio, el costo de resiembra doble es de \$186.26.

## 5. RECOMENDACIONES

- Ampliar este estudio incluyendo también resiembra con plántulas, recepa, resiembra sencilla y hacerlo en cada una de las diferentes condiciones de producción en el Ingenio San Antonio: variedad, tipo de riego, tipo de suelo, número de corte.
- Llevar el estudio hasta cosecha y analizar, además de la variable toneladas de caña por manzana, las variables libras de azúcar por tonelada de caña y quintales de azúcar por manzana ya que se está cosechando en el lote una proporción de retoño y otra de resiembra y ambas tienen edades diferentes.
- Determinar las causas más significativas de la despoblación, a través de un plan de seguimiento del cultivo y establecer medidas para reducir la despoblación al porcentaje mínimo posible.
- Realizar prácticas que aumenten la sobrevivencia y el desarrollo de la semilla para resiembra, por ejemplo, utilizar una semilla de mayor calidad (mayor porcentaje de yemas sanas, que no presente rajaduras y que no esté muy vieja) y fertilizar la resiembra al momento de realizar la actividad.
- Realizar un mejor control y monitoreo de todos los procesos que se llevan a cabo para resembrar (evaluación de la despoblación, cantidad de semilla que se utiliza para resembrar, semilla desperdiciada) y así ser más eficiente en la administración de los recursos.

## 6. LITERATURA CITADA

Bakker, H. 1999. Sugar Cane Cultivation and Management: Sugar Cane Production Technology. New York, USA, Kluwer Academic/Plenum Publishers. p. 174.

BCN (Banco Central de Nicaragua), 2009. Nicaragua en Cifras (en línea). Consultado 27 oct. 2009. Disponible en [http://www.bcn.gob.ni/publicaciones/nicaraguacifras/Nicaragua\\_en\\_cifras\\_2008\\_web.pdf](http://www.bcn.gob.ni/publicaciones/nicaraguacifras/Nicaragua_en_cifras_2008_web.pdf). Informe anual 2008.

Comité Nacional de Productores de Azúcar de Nicaragua. 2009. Información Institucional (en línea). Consultado 4 nov. 2009. Disponible en <http://www.cnpa.com.ni/historia.html>.

FAO, 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos: Duración de las etapas de crecimiento. Estudio FAO Riego y Drenaje 56. p. 107.

Guerrero, A. 1999. Cultivos Herbáceos Extensivos: Caña de azúcar. 6 ed. España. Ediciones Mundi-Prensa. p. 349-353.

James, G. 2004. Sugarcane: Sugarcane Agriculture: Sugarcane Agriculture. 2 ed. Oxford, UK, Blackwell Science. p. 116.

Porras Gutiérrez, V.J. 1995. Labores de Cultivo. En: CENICAÑA. El Cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA. p. 179-189.

Subirós, F. 1995 a. El Cultivo de la Caña de Azúcar: Maduración de la caña. San José, CR, Editorial Universidad Estatal a Distancia. p. 277-281

Subirós, F. 1995 b. El Cultivo de la Caña de Azúcar: Principales actividades de cultivo. San José, CR, Editorial Universidad Estatal a Distancia. p.125.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Imágenes Resiembra sencilla y Resiembra doble



Resiembra sencilla



Resiembra doble

Anexo 2. Mapa del ensayo



### Anexo 3. Manejo Agronómico del ensayo

Lote San Cayetano #1 Código 63035

Variedad: CP 73-1547

Número de Cortes: 2

Tipo de Suelo: Franco Arcilloso

Tipo de Riego: Avance Frontal

Manejo Agronómico Zafra 2009-2010

Fecha de Corte: 07 de diciembre de 2009

Tipo de Corte: Mecanizado

#### *Resiembra*

Fecha Aplicación	Tipo de Resiembra
31/12/2009	Doble

## Anexo 4. Cuadro de rendimientos, costos y beneficios por combinaciones

Longitud Espacio (cm)	Despoblación (%)	Resiembra	Rendimiento (t/mz)	Ingreso (\$/mz)	Costo (\$/mz)	Beneficio Neto (\$/mz)
70	10	No	60.65	1,152.31	0.00	1,152.31
70	10	Sí	58.58	1,113.09	18.77	1,094.32
70	20	No	60.92	1,157.56	0.00	1,157.56
70	20	Sí	57.85	1,099.22	39.34	1,059.89
70	30	No	57.93	1,100.67	0.00	1,100.67
70	30	Sí	55.49	1,054.35	56.31	998.04
100	10	No	53.70	1,020.32	0.00	1,020.32
100	10	Sí	58.36	1,108.92	21.77	1,087.16
100	20	No	52.22	992.27	0.00	992.27
100	20	Sí	57.50	1,092.43	42.33	1,050.10
100	30	No	50.99	968.74	0.00	968.74
100	30	Sí	59.72	1,134.70	64.10	1,070.61
125	10	No	57.93	1,100.72	0.00	1,100.72
125	10	Sí	63.55	1,207.40	19.37	1,188.03
125	20	No	54.73	1,039.78	0.00	1,039.78
125	20	Sí	62.33	1,184.19	39.34	1,144.85
125	30	No	55.99	1,063.89	0.00	1,063.89
125	30	Sí	60.95	1,158.01	59.30	1,098.70

Fuente: Autor



## Anexo 5. Análisis de regresión con y sin resiembra

## Con Resiembra

## Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.973142
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.947004
R <sup>2</sup> ajustado	0.945112
Error típico	4.858172
Observaciones	30

## ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	11809.07	11809.07	500.3457	2.11E-19
Residuos	28	660.8513	23.60183		
Total	29	12469.93			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	70.21789	1.195047	58.75745	7.14E-31	67.76995	72.66583
DESPOBLACION	-0.55983	0.025027	-22.3684	2.11E-19	-0.61109	-0.50856

Sin resiembra

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.986073
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.97234
R <sup>2</sup> ajustado	0.971353
Error típico	4.090166
Observaciones	30

## ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	16466.96	16466.96	984.3091	2.32E-23
Residuos	28	468.4249	16.72946		
Total	29	16935.39			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	67.30402	1.006127	66.89414	1.94E-32	65.24307	69.36498
DESPOBLACION	-0.66108	0.021071	-31.3737	2.32E-23	-0.70424	-0.61791

## Anexo 6 Programación SAS

### Programación SAS por espacio

```
DATA BCA;
INPUT ESPACIO DESPOBLACION $ RESIEMBRA $ RENDIMIENTO BENEFICIO;
DATALINES;

;
PROC SORT; BY ESPACIO;
PROC GLM; BY ESPACIO;
CLASS ESPACIO DESPOBLACION RESIEMBRA;
MODEL RENDIMIENTO BENEFICIO = DESPOBLACION RESIEMBRA
DESPOBLACION*RESIEMBRA/SS3 P;
MEANS RESIEMBRA/TUKEY;
RUN;
```

## Programación SAS por despoblación

```
DATA BCA;
INPUT DESPOBLACION $ RESIEMBRA $ RENDIMIENTO BENEFICIO;
DATALINES;
;
PROC SORT; BY DESPOBLACION;
PROC GLM; BY DESPOBLACION;
CLASS DESPOBLACION RESIEMBRA;
MODEL RENDIMIENTO BENEFICIO = RESIEMBRA/SS3 P;
MEANS RESIEMBRA/TUKEY;
RUN;
```