

**EVALUACIÓN DE MATERIAL PROPAGATIVO DE VARIEDADES DE
CAÑA DE AZÚCAR “*Saccharum officinarum*” (CP72-2086 Y NA56-
42), PARA EL ESTABLECIMIENTO DE SEMILLEROS EN EL
INGENIO CATSA, GUANACASTE**

JORGE ANDRÉS ÁLVAREZ RODRÍGUEZ

Trabajo final de graduación, presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de Licenciatura
en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2009

**EVALUACIÓN DE MATERIAL PROPAGATIVO DE VARIEDADES
DE CAÑA DE AZUCAR “*Saccharum officinarum*” (CP72-2086 Y
NA56-42) PARA EL ESTABLECIMIENTO DE SEMILLEROS EN EL
INGENIO CATSA, GUANACASTE**

JORGE ANDRÉS ÁLVAREZ RODRÍGUEZ

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Carlos Muñoz Ruiz, Ph.D.

Asesor interno

Ing. Agr. Erick Chavarría Soto, Lic. (DIECA)

Asesor externo

Ing. Agr. Parménides Furcal Berigüete, M.Sc.

Jurado interno

Ing Agr. Carlos Segura Navarro, M.Sc (CATSA).

Jurado externo

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

Coordinador
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M.Sc.

Director
Escuela de Agronomía

2009

DEDICATORIA

A Dios Todo Poderoso, por permitirme formarme como profesional, y principalmente como persona y haberme dado la oportunidad de la enseñanza de la vida.

A mis Padres que conformaron una excelente familia, con su ejemplo y trabajo día a día.

A mi Abuelito Tuto, por sus enseñanzas y cariño que nos brindo durante los 83 años de vida que nos lo presto Dios y lo aprovechamos.

AGRADECIMIENTO

A Dios Todo poderoso.

A mis Padres, Jorge y Lilliana por haberme guiado por el camino de superación con su ejemplo y esfuerzo.

A mis hermanos Luis, Jose, Lourdes, Fabián, Lilliana y Andrea, quienes siempre me han brindado su apoyo, siendo un soporte sincero.

Además a la generación 2004 y a todos mis compañeros y amigos del ITCR, con los que logré compartir varios años universitarios.

A mis compañeros y amistades Didier, Ronny, Jorge y Melvin, por su apoyo y trabajo en equipo solidario con el fin de lograr las metas trazadas en el camino.

Al personal docente y demás funcionarios del ITCR que colaboraron en mi formación como profesional y persona.

Además al Ing. Carlos Muñoz, y al Ing. Parménides Furcal quienes hicieron posible que mi persona lograra la culminación de este estudio.

También a colabores en la ejecución de esta Investigación como lo fue el apoyo incondicional del personal de CATSA Y DIECA.

Especialmente al Ing. Jesús Vargas, al Ing. Carlos Segura y a Eduardo Sequeira (CATSA). Además del Ing. Erick Chavarría, al Ing. Manuel Rodríguez y al Ing. Randall Ocampo (DIECA).

Finalmente a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo para hacer posible la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1	Requerimientos Climáticos del cultivo	3
2.1.1	Temperatura.....	3
2.1.2	Precipitación.....	4
2.1.3	Luminosidad.....	4
2.2	Características Morfológicas de las variedades	5
2.2.1	Variedad CP72-2086.....	5
2.2.2	Variedad NA56-42.....	7
2.3	Generalidades sobre el establecimiento de semilleros.....	9
2.4	Material propagativo obtenido de tallos para el establecimiento de semilleros	10
2.5	Material <i>In vitro</i> para el establecimiento de semilleros	10
2.6	Enfermedades de mayor importancia en los semilleros	12
2.6.1	Enfermedades causadas por bacterias.....	13
2.6.1.1	Raquitismo de las socas.....	13
2.6.1.2	Algunas experiencias en la detección de la bacteria <i>Leifsonia xyli</i> subsp. <i>Xyli</i> , causante del raquitismo del retoño (RSD)	14
2.6.1.3	Escaldadura de la hoja	18
2.6.2	Enfermedades producidas por virus.....	19
2.6.3.1	Virus del Mosaico (SCMV).....	19
2.6.3.2	Virus de la Hoja Amarilla (SCYLV)	20
2.7	Tratamiento Térmico de la Semilla	21
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1	Localización del ensayo.....	23

3.2	Descripción y antecedentes del área experimental	23
3.3	Establecimiento de las parcelas experimentales	23
3.3.1	Preparación del terreno.....	23
3.3.2	Selección de la semilla.....	24
3.3.3	Tratamiento de la semilla	24
3.3.4	Siembra.....	25
3.4	Tratamientos evaluados	26
3.5	Manejo del semillero.....	27
3.6	Variables evaluadas	27
3.6.1	Germinación.....	27
3.6.2	Altura promedio de los tallos.....	27
3.6.3	Grosor promedio de los tallos	27
3.6.4	Población	28
3.6.5	Peso de la semilla.....	28
3.7	Área experimental y unidades experimentales	28
3.8	Análisis de las variables	28
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1	Monitoreo del componente rendimiento de la plantación.....	32
4.2	Producción y calidad de la semilla obtenida de los diferentes materiales propagativos	43
5.	CONCLUSIONES	50
6.	RECOMENDACIONES	52
7.	BIBLIOGRAFÍA	54
8.	ANEXOS	57

TABLA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1.	Temperatura óptima para las distintas fases desarrollo del cultivo de caña de azúcar.	3
2.	Requisitos fitosanitarios del material vegetal empleado en los programas de producción de semilla, para las enfermedades de mayor importancia que se transmiten por material vegetativo. 2007.	12
3.	Incidencia del RSD por cultivar de caña en seis zonas cañeras de Costa Rica. (1987). ...	14
4.	Resultados de la evaluación de cuatro lotes de semilla en plantaciones de C.A.T.S.A., para la detección de la bacteria <i>Leifsonia xyli</i> subsp. <i>xyli</i> , causante del raquitismo del retoño en caña de azúcar. 2005.	15
5.	Escala para interpretar la incidencia del Raquitismo de los Retoños en la caña de azúcar (<i>Leifsonia xyli</i> subsp. <i>xyli</i>). 2005.	16
6.	Resultados de la evaluación de ocho lotes de semilla en plantaciones de CATSA, para la detección de la bacteria <i>Leifsonia xyli</i> subsp. <i>xyli</i> , causante del raquitismo del retoño en caña de azúcar. 2006.	17
7.	Fuentes de variación con los respectivos grados de libertad para realizar el ANDEVA (análisis de varianza). CATSA, 2009.	30
8.	Cantidad de semilla de calidad cosechada de la variedad CP72-2086, de acuerdo al tipo de material vegetativo utilizado como semillero. CATSA, 2009.	44
9.	Cantidad de semilla cosechada de la variedad CP72-2086, de acuerdo al tipo de material vegetativo utilizado como semillero. CATSA, 2009.	46
10.	Cantidad de semilla cosechada de la variedad NA56-42, de acuerdo al tipo de material vegetativo utilizado como semillero. CATSA, 2009.	47

TABLA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.	Entrenudo, palmito y yema de la variedad CP72-2086.	6
2.	Entrenudo, palmito y yema de la variedad NA56-42.	8
3.	Proceso de Multiplicación Masiva de la Caña de Azúcar por Medio de la Técnica de Cultivo de Tejidos.	11
4.	Ejemplo esquemático de la distribución de las unidades experimentales en el campo. CATSA, 2009.	31
5.	Germinación absoluta a los 50 días de la variedad CP72-2086. CATSA, 2009.	33
6.	Germinación absoluta a los 50 días de la variedad NA56-42. CATSA, 2009.	34
7.	Germinación absoluta a los 50 días del material proveniente de Tratamiento Térmico, de ambas variedades. CATSA, 2009.	35
8.	Éxito del establecimiento de plántulas <i>In vitro</i> . CATSA, 2009.	36
9.	Altura a los cinco meses y medio de edad, para ambas variedades. CATSA, 2009.	36
10.	Relación entre la población de tallos/m según la altura del tallo. CATSA, 2009.	37
11.	Relación entre la altura del tallo y la producción de semilla. CATSA, 2009.	38
12.	Grosor a los cinco meses y medio de edad para ambas variedades. CATSA, 2009.	39
13.	Relación entre la población de tallos/m y el grosor del entrenudo del tallo. CATSA, 2009.	40
14.	Relación entre el grosor del entrenudo del tallo y la producción de semilla. CATSA, 2009.	40
15.	Población cuantificada a los cinco meses y medio de edad para ambas variedades. CATSA, 2009.	41
16.	Relación entre la población de tallos/m según la producción de semilla. CATSA, 2009.	42
17.	Cosecha de semilla de calidad de la variedad CP72-2086. CATSA, 2009.	43
18.	Enraizamiento de los tallos, características negativas de un material vegetativo. CATSA, 2009.	45
19.	Cosecha de semilla de calidad de la variedad NA56-42. CATSA, 2009.	47

20.	Cosecha de semilla de calidad y total de la variedad NA56-42. CATSA, 2009.	48
21.	Comparación de Producción de semilla de calidad entre las dos variedades en estudio. CATSA, 2009.	49
22.	Métodos utilizados para detectar la presencia de la bacteria <i>Leifsonia xyli</i> subsp. <i>xyli</i> .	69

RESUMEN

En la investigación, se estudió el efecto de diferentes materiales de propagación de dos variedades de caña de azúcar (CP72-2086; NA56-42), sobre la producción y calidad de la semilla. Para lo cual se establecieron parcelas experimentales en donde se implementó un diseño de bloques al azar con un arreglo de parcelas divididas, en donde la variedad estuvo establecida en la parcela grande y la fuente de material propagativo en la parcela pequeña.

Dichos tratamientos fueron evaluados mediante la medición de la germinación absoluta a los 50 días, luego de la siembra. Además se valoraron variables que afectan el rendimiento de un semillero de caña de azúcar como lo son la altura, población y grosor de los tallos, esto se realizó a los cinco meses y medio de edad; finalmente se evaluó durante la cosecha del semillero a los nueve meses de edad, el peso del material propagativo, separando la semilla de calidad, y semilla de rechazo que no cumplía con las características óptimas para ser utilizado como material reproductivo.

Entre los resultados de mayor importancia se obtuvo una comprobación de los beneficios que existen al seleccionar la semilla con características de buena calidad, lo cual permitió obtener una mayor germinación y una mayor población de tallos a los cinco meses y medio. Además se determinó que las yemas de la variedad NA56-42 se ven afectadas por el tratamiento en agua caliente durante una hora a 51 °C. Por otro lado, en la investigación, la variable altura de los tallos fue genéticamente estable y poco susceptible a sufrir alteraciones por efecto del origen del material de propagación. El Testigo absoluto, fue el que presentó un mayor diámetro del tallo, superando estadísticamente al material proveniente de Plántulas *In vitro*.

Además la variedad NA56-42, posee una mayor capacidad de macollamiento, con respecto a la variedad CP72-2086; siendo también el rendimiento agrícola superior en la variedad NA56-42. El Testigo absoluto de la variedad CP72-2086, presentó el menor rendimiento en la producción de semilla, comprobando el carácter positivo de seleccionar el material propagativo a sembrar. En el caso de la variedad NA56-42, los materiales provenientes de esquejes Seleccionados y Sin Tratar Térmicamente, y de semilla sin seleccionar originada de una plantación comercial (Testigo absoluto), obtuvieron mejor rendimiento agrícola con respecto al material proveniente de Plántulas *In vitro*, lo cual podría deberse al origen del material que provenía de una plantación comercial, pero con buenas características y debido a la poca disponibilidad de material vegetativo, este fue empleado en el ensayo como T A de la variedad NA56-42.

Palabras clave: Caña de azúcar, material de propagación, CP72-2086, NA56-42, producción y calidad de semilla, hidrotermoterapia, plántulas *In vitro*.

ABSTRACT

During the investigation the effect of different materials of propagation of two varieties of sugar cane (CP72-2086; NA56-42) was studied, over production and seed clone. For which experimental fields were established where the random block arrangement design was implemented in divided fields, where the variable variety was established in the big field and the propagation material variable in the smaller field.

These treatments were evaluated through the measurement absolute germination at 50 days pos planting. Plus the variables affecting the seed efficiency of sugar cane were evaluated, height, population and stem thickness, this was done at five months and a half of age, the propagation material weight, dividing the seed by quality, and the rejected seed that did not possess the proper characteristics to be utilized as reproductive material.

Some of the most important results showed the benefits that exist when selecting seeds with good quality characteristics, which permitted to obtain a higher germination and a bigger population of stems at five and a half months of age. Plus, it was determined that the yems of the variety NA56-42 are affected by the hot water treatment that lasted one hour at 51°C. On the other hand, in the investigation, the height variable of the stems was genetically stable and a little susceptible when suffered alterations by the effect of the origin of the propagation material. The control treatment, was the one that presented the bigger diameter of stem, surpassing statistically the material from the *In vitro* plants.

Plus the variety NA56-42 possesses a greater capacity of stem production, in comparison with CP72-2086 variety; CP72-2086 variety is also the one with greater agricultural efficiency than NA56-42. The control treatment of the variety CP72-2086, presented a lesser efficiency in seed production, proving the positive practice of selecting the propagation material to plant. In the case of variety NA56-42, the materials from vegetative materials selected and without thermal treatment, and the seed without selection originated from a commercial plantation (control treatment), obtained the best agricultural efficiency with comparison with the material originated from *In vitro* plants, which could have been due to the fact that it originated from a commercial plantation, but with good characteristics and due to the little vegetative material available, this was employed as a control treatment to the variety NA56-42.

Key words: Sugar cane, propagation material, CP72-2086, NA56-42, seed production and quality, hydrothermotherapy, *In vitro* plants.

1. INTRODUCCIÓN

En el cultivo de caña de azúcar es de suma importancia la utilización de material propagativo de alta calidad, ya que este es utilizado como semilla para la reproducción de las plantaciones, lo que afecta la producción final. Por ende resulta indiscutible que la investigación en la generación de semilleros básicos de alta calidad obtenidos de variedades adaptadas y altamente productivas permite colaborar con el incremento productivo (calidad y rentabilidad) de los ingenios (Alfaro *et al.* 2007).

En una plantación comercial a partir de la cual se espera obtener varias cosechas consecutivas como es el caso de la caña de azúcar, es necesario el aseguramiento de la producción desde la fase inicial del cultivo, lo que demuestra la importancia de conocer cuales materiales propagativos para el establecimiento de semilleros, generan beneficios en la productividad del sistema (Alfaro *et al.* 2007).

Existen diversos métodos para mejorar la calidad de la semilla, tales como la aplicación del tratamiento térmico con agua caliente a 51 °C y la utilización de material *In vitro*, sin embargo en la actualidad, la investigación de manera formal a nivel del país, concerniente al efecto de estos métodos sobre la producción de material propagativo de calidad, para ser utilizados en programas de semilleros es escasa (Chavarría 2008).

Finalmente es incuestionable que la utilización de material reproductivo de calidad, a pesar de ser algo más costoso, se traducirá en mayores beneficios económicos para el cañicultor, ya que además de mejorar la productividad por año, extiende la vida útil de la plantación (González 1986).

Objetivo general

Evaluar diferentes materiales propagativos de dos variedades (CP72-2086 y NA56-42), sobre la producción y calidad de la semilla, en la zona de influencia del Ingenio C.A.T.S.A, Guanacaste.

Objetivos específicos:

- Evaluar la producción y calidad de la semilla al utilizar diferentes materiales propagativos para su obtención.
- Cuantificar variables de rendimiento que permitan el monitoreo y selección de la semilla.

Hipótesis de la investigación

La respuesta de los tratamientos será superior con respecto a la respuesta del Testigo absoluto. En resumen se espera que la utilización de diferentes materiales propagativos mejore la producción y calidad de la semilla de caña de azúcar, con respecto al TA (semilla sin seleccionar y sin tratar), comúnmente utilizado por los productores proveniente de plantaciones comerciales.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Requerimientos Climáticos del cultivo

2.1.1 Temperatura

Cuadro 1. Temperatura óptima para las distintas fases desarrollo del cultivo de caña de azúcar.

Fase	Temperatura °C	Observaciones
Germinación	32-38	menos de 21 °C se retarda el desarrollo de raíces y se paraliza a los 10 °C
Macollamiento	32	se retarda por debajo de los 21 °C
Crecimiento	21-38	Se paraliza debajo de los 21 °C

Fuente: Subirós (1995), citado por Araya (1999).

De acuerdo con Subirós (1995), la temperatura y la humedad, son dos de los factores de mayor importancia en el proceso de germinación y desarrollo del cultivo de caña de azúcar. Ya que a valores menores de 20 °C, el crecimiento del cultivo disminuye notoriamente y a temperaturas superiores a los 36 °C, las plantas pueden mostrar signos de marchitez, aunque exista reserva de agua en el suelo. Esto debido a que la planta aumenta su respiración y disminuye la tasa fotosintética, obteniéndose una reducción en el crecimiento, y por lo tanto, una menor acumulación de materia orgánica.

Otro detalle relacionado con la temperatura, de suma importancia en el cultivo de caña de azúcar es la oscilación de temperatura diurna y nocturna, esto principalmente durante la fase de maduración, la cual es de cuatro a seis semanas antes de la cosecha, donde el cultivo necesita de días calientes y noches frescas, entre mayor sea la amplitud entre las temperaturas mayores serán las

posibilidades de obtener jugos de alta pureza y un mayor rendimiento de azúcar (MAG 1991).

2.1.2 Precipitación

El MAG (1991), mencionado por Araya (1999), considera que la precipitación anual adecuada para el cultivo de caña de azúcar es de 1500 mm bien distribuidos durante todo el período de crecimiento y desarrollo (nueve meses).

Además Subirós (1995), menciona que durante la etapa de maduración es necesario que exista una disminución de la humedad, para reducir el crecimiento y favorecer la concentración de sólidos. Por lo cual en la zona de Guanacaste (C.A.T.S.A), se suspende la labor del riego, alrededor de seis semanas antes de la cosecha (Subirós 1995).

Cabe mencionar que los excesos de humedad producidos por inundaciones o encharcamientos afectan seriamente al cultivo, debido a la falta de oxígeno, necesario para que el sistema radical cumpla sus funciones de absorción de agua y nutrientes (Subirós 1995).

2.1.3 Luminosidad

La caña de azúcar posee un sistema fotosintético C₄, capaz de fijar de manera más eficiente, por lo cual una de las zonas aptas para la obtención de mayores rendimientos es Guanacaste, donde existe una mayor radiación, por ende una mayor eficiencia fotosintética que se traduce en producción y acumulación de carbohidratos (Subirós 1995).

De acuerdo con el MAG (1991), mencionado por Araya (1999) en general los meses de enero, febrero, marzo y abril, constituyen el período favorable para la maduración de la caña de azúcar, de allí que es la mejor época para la zafra. Uno de los factores que colabora es que existe una mayor radiación solar, que

junto con la menor precipitación y la mayor oscilación entre la temperatura nocturna y diurna, favorecen la correcta acumulación de sacarosa.

2.2 Características Morfológicas de las variedades

Según Chaves *et al.* (1999), los nueve clones de caña de azúcar que tienen una mayor área sembrada a nivel nacional son los siguientes: la variedad SP 70-1284 ocupa un 22,56 % del área nacional, seguida por Q96 (9,73%), SP71-5574 (7,35%), PINDAR (6,02%), CP72-2086 (5,95%), NA56-42 (5,80%), NCo 310 (5,36%), CP 72-1210 (4,12%) y NCo 376 (4,01%); para una representación total del 70,9 %. Además en Guanacaste existen tres clones de gran importancia por la cantidad de área sembrada, como lo son: SP 70-1284 con un 22,90%, CP 72-2086 (10,87%) y NA 56-42 (10,83%).

Por otro lado la Central Azucarera del Tempisque (C.A.T.S.A), para la zafra del 04-05, presenta un componente varietal prácticamente distribuido en cinco variedades, donde la B80-689 ocupa el 28 % del área, seguida por la variedad NA56-42 con un 23 %, SP79-2233 (17 %), CP72-2086 (12%), y SP 70-1284 con un 10% (CATSA 2004).

2.2.1 Variedad CP72-2086

De acuerdo con Aponte (1994) y mencionado también por Comparini (2006); el nombre de la variedad CP72-2086, se deriva de los siguientes datos:

CP Canal Point (Florida)

72 Año de selección

2086 Número correlativo de selección

Además los progenitores de dicha variedad son: CP65-357 x CP56-63 (Aponte 1994; Comparini 2006).

Entre las características morfológicas Aponte (1994), resalta que posee poco deshoje natural, siendo el tallo de color verde amarillento con manchas oscuras, tal como se representa en la Figura 1, además presenta un leve zigzaguo, y un diámetro medio. El entrenudo presenta una forma de crecimiento cilíndrica, longitud media, no presenta ranuras ni rajaduras y esta recubierto de abundante cera. El nudo tiene forma de crecimiento obconoidal y no se observa depresión en las yemas redondas con alas de base angosta, con anillo de crecimiento protuberante, poro germinativo perceptible con localización apical.

El verticilo caulinar (conocido popularmente como palmito) es medio. La vaina presenta poca cera, color verde amarillo, con ausencia de pelos y posee un desprendimiento intermedio. La Hoja es ancha de longitud media y de color verde oscuro. La aurícula presente en ambos lados de formas transitorias. Además la lígula es deltoide con rombo y de color café con superficie semilisa (Aponte 1994).



Fuente: Aponte 1994.

Figura 1. Entrenudo, palmito y yema de la variedad CP72-2086.

Además entre las características agronómicas Orozco (2003) mencionado por Comparni (2006), indica que dicha variedad posee un hábito de crecimiento erecto con una buena germinación, un macollamiento bueno y temprano, un despaje regular, las hojas permanecen adheridas al tallo, se depreden fácilmente con la mano y es resistente al acame.

Se adapta bien en suelos francos, francos-limosos, franco arenoso y franco arcilloso profundo, posee resistencia a la roya (*Puccinia melanocephala*) y es tolerante al carbón (*Ustilago scitaminea*); sin embargo es susceptible al virus del Mosaico Común (SCMV, sigla en inglés) y al virus de la Hoja Amarilla (ScYLV, sigla en inglés). (Comparni 2006; Aponte 1994).

Por otro lado, Aponte (1994), menciona que de acuerdo con el comportamiento agroindustrial la variedad presenta entre doce y quince tallos/m y produce de 80 a 120 toneladas de caña por hectárea, con un rendimiento de azúcar por tonelada que varía de 100 a 120 kg.

Cabe resaltar que de acuerdo con la floración abundante, se clasifica como una variedad de maduración temprana; sin embargo dicha floración disminuye en fincas de la zona de Guanacaste o de estrato bajo, debido principalmente al fotoperiodo, mientras mayor sea la intensidad lumínica menor será la floración. En el Ingenio CATSA recomiendan cosechar esta variedad en los primeros meses de la zafra principalmente en diciembre, siendo muy rendidora al inicio de la zafra. Es necesario tener esto en cuenta ya que debido a la floración, se produce corcho y se pueden deteriorar los entrenudos superiores (Comparni 2006).

2.2.2 Variedad NA56-42

De acuerdo con Aponte (1994) y mencionado también por Comparni (2006); el nombre de la variedad NA56-42, se deriva de los siguientes datos:

NA Norte Argentina

56 Año de selección

42 Número correlativo de selección

El tallo es de color rojo caoba cuando esta expuesto al sol (Figura 2), por el contrario si no esta expuesto es amarillo, presenta leve zigzagueo y diámetro medio. El entrenudo es de forma obcónica, longitud corta, no presenta ranuras ni rajaduras y esta cubierto con abundante cantidad de cera. Presenta depresión de la yema con profundidad rasa y longitud corta. La yema es de forma romboide, mediana, la parte superior toca el anillo de crecimiento y el poro germinativo es perceptible con localización apical (Aponte 1994).

El verticilo caulinar es corto. La vaina presenta regular cantidad de cera, color verde amarillo, regular cantidad de pelos y se adhiere totalmente al tallo. La hoja es media, con longitud media, color verde amarillo; el margen aserrado agresivo y curvado cerca de la punta. Presenta la aurícula de un lado de forma transitoria, larga y velluda. La lígula es deltoide con rombo y de color verde (Aponte 1994).



Fuente: Aponte 1994.

Figura 2. Entrenudo, palmito y yema de la variedad NA56-42.

Según Orozco (2003), mencionado por Comparni (2006), entre las características agronómicas esta es una variedad con un hábito de crecimiento erecto y una capacidad de macollamiento intermedia. Además se adecua para el estrato medio, su productividad en plantía, primera soca y su perfil de soqueo es bueno, se adapta a suelos Andisol-Inceptisol y de estructura pesada. Además es resistente al carbón (*Ustilago scitaminea*), Virus del Mosaico, Virus de la Hoja Amarilla y es tolerante a la roya (*Puccinia melanocephala*) y a la Escaldadura (*Xanthomonas albilineans*).

De acuerdo con el comportamiento agroindustrial, se indica que es una variedad de crecimiento erecto, la cual presenta entre 14 y 16 tallos por metro; produciendo entre 90 a 115 toneladas de caña por hectárea, con un rendimiento de azúcar por tonelada que varía entre 100 a 110 kg.

Orozco (2003), citado por Comparni (2006), menciona que la variedad es de maduración tardía y presenta un bajo porcentaje de floración (2%), dando como resultado un porcentaje de corcho de cuatro por ciento, además menciona que presenta un contenido de fibra del 13 por ciento, y responde a la aplicación de madurante.

2.3 Generalidades sobre el establecimiento de semilleros

Un semillero bien establecido es la base de una plantación de caña de azúcar rentable, por lo cual cualquier sistema de producción cañero independientemente de sus dimensiones, debe contar con un excelente programa de producción de semilla de caña en donde el material reproductivo sea de la más alta calidad con el fin de asegurar la producción. Ya que en la plantación se obtiene una mayor homogeneidad, se facilita una rápida germinación y macollamiento, por ende un mejor y anticipado cierre, lo que reduce costos en algunas labores (control de malezas), obteniéndose en fin una mayor vida útil del cañal y con mayores posibilidades de elevar su producción (Subirós 1995).

Los semilleros tienen el único propósito de funcionar como material vegetal reproductivo élite, para lo cual es necesario designar áreas específicas de reproducción relativamente pequeñas, con un manejo especial de gran importancia para lograr el objetivo de producir semilla de calidad. Además es necesario que el establecimiento de semilleros sea a partir de semilla preseleccionada que debe cumplir a cabalidad con todos los requisitos de calidad, pureza y sanidad. También se pueden establecer semilleros a partir de material reproducido por medio de la técnica del Cultivo de Tejidos *In vitro*, principalmente en aquellas zonas donde no existe ni opera un programa permanente de producción de semilla de calidad comprobada (Alfaro *et al.* 2007).

2.4 Material propagativo obtenido de tallos para el establecimiento de semilleros

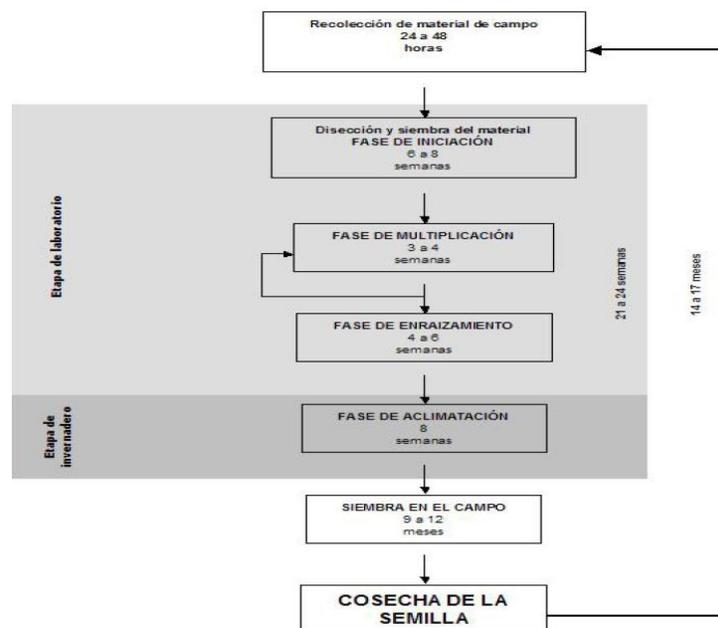
Se debe preseleccionar la semilla que cumpla con los requisitos de calidad tales como: yemas sanas, sin germinación previa, con buen grosor y sin rajaduras, típicos de la variedad biotipo a reproducir, vigorosos, sin afecciones fitosanitarias, entre otros. Además dicho material debe ser tratado térmicamente mediante el uso de agua caliente a 51 ° C con el fin de evitar la transmisión de enfermedades fungosas y bacterianas. Para lo cual se realiza nuevamente una selección, en donde se eliminan los extremos de los tallos y aquellos que no reúnan características deseables (grosor, condición de la yema, etc.), finalmente la semilla se corta en esquejes de tres yemas lista para ser tratada y sembrada (Alfaro *et al.* 2007).

2.5 Material *In vitro* para el establecimiento de semilleros

En el caso del material *In vitro* se debe seleccionar almácigos de plántulas debidamente enraizadas y listas para ser sembradas en el campo. Estas plántulas son obtenidas por medio de un proceso de laboratorio que mantiene al material vegetal aislado y bajo condiciones controladas, lo que permite evitar la

contaminación y alteración negativa disminuyéndose la sanidad y calidad del material (Alfaro *et al.* 2007).

El proceso de reproducción se inicia con la selección del material vegetativo de la variedad de interés comercial involucrada, la cual proviene del campo y debe expresar con fidelidad los caracteres del biotipo a reproducir. Seguidamente el material es evaluado con el fin de seleccionar solamente el que se encuentre libre de patógenos y así asegurar la sanidad del material a reproducir; lo cual sustenta gran parte del éxito posterior del proceso, ya que se tiene certeza de la pureza y calidad del material vegetativo a utilizar. Este proceso emplea la técnica de cultivos de tejidos *In vitro*, con el fin de obtener semilla de caña de azúcar de calidad, lo cual se resume y expone mediante la Figura 3, obtenida del protocolo para el establecimiento y manejo de semilleros básicos publicado por Alfaro *et al.* (2007).



Fuente: Alfaro *et al.* 2007.

Figura 3. Proceso de Multiplicación Masiva de la Caña de Azúcar por Medio de la Técnica de Cultivo de Tejidos.

2.6 Enfermedades de mayor importancia en los semilleros

En la producción de semilla las enfermedades son de gran cuidado, ya que estas limitan la producción de cualquier cultivo, y en el caso de la caña de azúcar la utilización de material vegetativo contaminado como semilla puede ser comprometedora, ya que a través de la semilla se pueden trasladar y propagar enfermedades de importancia económica que afectan y limitan la producción azucarera. Por lo cual el mejor combate de las enfermedades se basa en un control preventivo, como lo es la utilización de semilla sana y tolerante a los patógenos; respetando los umbrales establecidos en el Cuadro 2 (Alfaro *et al.* 2007).

Cuadro 2. Requisitos fitosanitarios del material vegetal empleado en los programas de producción de semilla, para las enfermedades de mayor importancia que se transmiten por material vegetativo. 2007.

Enfermedad	Incidencia Máxima Permitida		
	Semilla Básica	Semilla Semicomercial	Semilla Comercial
Carbón (<i>Ustilago scitaminea</i>)	0	0	5%
Raquitismo de las Socas o RSD (<i>Leifsonia xyli</i> subsp. <i>xyli</i>)	0	5%	10%
Escaldadura Foliar o Xaa (<i>Xanthomonas albilineans</i>)	0	0	5%
Virus del Mosaico de la Caña de Azúcar o <i>SCMV</i>	0	0	0
Virus de la Hoja Amarilla de la Caña de Azúcar o <i>SCYLV</i>	0	0	0

Fuente: Alfaro *et al.* 2007.

2.6.1 Enfermedades causadas por bacterias

2.6.1.1 Raquitismo de las socas

Según Steindl (1961), mencionado por Jiménez y Fernández (1987), se creía inicialmente que el agente causal del raquitismo de las socas era un virus, debido a que los investigadores no encontraban una relación entre algún microorganismo y la enfermedad y además el hecho de que la enfermedad continuaba a través de las generaciones. Sin embargo Koike *et al* (1982), mencionado por Jiménez y Fernández (1987), observó secciones transversales delgadas de plantas enfermas, en el microscopio electrónico y encontró que una bacteria estaba presente en los vasos xilemáticos.

De acuerdo con Davis *et al.* (1980), entre los síntomas más comunes ocasionados por dicha bacteria se pueden mencionar que las plantas afectadas sufren la obstrucción del xilema, lo que retrasa el crecimiento y disminuye la longitud, el diámetro y el número de tallos por cepa. Finalmente las plantas adquieren una apariencia raquílica. Otro síntoma representativo es la coloración anaranjado rojizo en la parte interna de la base de los nudos afectados, sin embargo este síntoma no siempre ocurre en todas las variedades (Victoria *et al.* 1995).

Según Jiménez y Fernández (1987), la enfermedad del raquitismo de las socas se encuentra distribuida en todas las zonas cañeras de Costa Rica, siendo la zona de Pérez Zeledón donde se observó la mayor incidencia (66%), y en las zonas de Cañas y Filadelfia se observó la menor con un 3%. La distribución e incidencia de la enfermedad por cultivar se representa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Incidencia del RSD por cultivar de caña en seis zonas cañeras de Costa Rica. (1987).

Localidad	Número de muestras positivas, de 10 observadas por cultivar														Proporción por localidad	Incidencia (%)
	a*	b	c	d	e	F	g	h	i	j	k	l	m	n		
Juan Viñas	5	5	3			2	2								17/50	34
Pérez Zeledón	8	6	6	8	5										33/50	66
San Carlos				9	0		0							3	13/50	26
Grecia				6			2		3	1				0	12/50	24
Cañas								0				1	0		1/30	3
Filadelfia												0	0		1/30	3
Proporción por cultivar	14/30	11/20	9/20	23/20	5/20	2/10	4/30	1/20	3/10	1/10	1/20	0/20	0/10	3/10		
Incidencia (%) por cultivar	47	55	45	77	25	20	13	5	30	10	5	0	0	30		

Fuente: Jiménez y Fernández 1987.

*CULTIVARES: a Pindar; b H443098; c H328560; d B 4744; e H60267; f H564848; g B50377; h N: CO310; i Mex 58126; j POJ 2878; k Q 68; l Q 75; m H575174; n 60125

2.6.1.2 Algunas experiencias en la detección de la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *Xyli*, causante del raquitismo del retoño (RSD)

Durante el primer semestre del 2005, se realizaron las primeras pruebas para determinar si en la zona de influencia del Ingenio C.A.T.S.A., existía la incidencia de la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, causante del raquitismo del retoño (RSD); obteniéndose como resultado que algunos de los lotes de semilla seleccionados presentan bajo grado de infección con poca severidad (Cuadro 4), sin embargo se recomendó que era conveniente realizar evaluaciones consecutivas (semestrales), para monitorear y detectar la presencia de la bacteria en los semilleros seleccionados.

Cuadro 4. Resultados de la evaluación de cuatro lotes de semilla en plantaciones de C.A.T.S.A., para la detección de la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, causante del raquitismo del retoño en caña de azúcar. 2005.

Fecha	Variedad	Sección	Severidad ** (%)	Incidencia * (%)	Grado de infección
11/01/05	CP72-2086	Coyolar	0	0	Libre (Sana)
11/01/05	CP72-2086	Moral	4	5	Bajo
11/01/05	B80-689	Moral	13	10	Moderado
11/01/05	B80-689	Achotal	5	5	Bajo

Fuente: Chavarría 2005.

* Relación porcentual de tallos afectados entre totales en la muestra (20).

** Relación porcentual de haces vasculares colonizados entre el total de haces vasculares del tallo afectado.

Es importante mencionar que la metodología de detección utilizada fue la de autofluorescencia del metaxilema en los haces vasculares de los entrenudos; además que en los casos de reacción positiva se contaron los haces vasculares colonizados y sanos en un corte de tejido del tallo; posteriormente se calculó la relación porcentual para determinar la severidad. Para la interpretación de los datos se sugirió utilizar los criterios expuestos en el Cuadro 5 (Chavarría 2005).

Cuadro 5. Escala para interpretar la incidencia del Raquitismo de los Retoños en la caña de azúcar (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*). 2005.

INCIDENCIA (%) ²	GRADO DE INFECCIÓN	CONDICIÓN ³	TRATAMIENTO RECOMENDADO
0	Libre	Útil como semilla básica.	Desinfección de herramientas.
1 a 5	Bajo	Útil como semilla comercial.	Desinfección de herramientas.
6 a 10	Moderado	Inapropiado para semilla.	Tratamiento térmico.
11 a 20	Alto	Inapropiado para semilla.	Tratamiento térmico.
Más de 21	Severo	Inapropiado para semilla.	Tratamiento térmico.

1. Fuente: COOPERSUCAR (1997), adaptado por Chavarría (2005).

2. Relación porcentual de tallos afectados entre tallos totales en la muestra o el lote evaluado.

3. Se refiere al uso potencial del material evaluado.

Luego para el segundo período del 2005 se hicieron nuevamente las evaluaciones en los lotes de semilla seleccionados. Las muestras fueron evaluadas por tres métodos: a) tinción de haces vasculares con safranina (THV), b) microscopía de autofluorescencia directa del metaxilema (MAFD) que es el método de rutina utilizado en el laboratorio de DIECA, y c) el de impresiones en papel de nitrocelulosa o Tissue Blot (TB), que es el método más preciso de detección. Esto con el fin de observar la tendencia de estos tres métodos en la detección de la bacteria *Leifsonia xyli*, representado en el Cuadro 6 (Chavarría 2006).

Cuadro 6. Resultados de la evaluación de ocho lotes de semilla en plantaciones de CATSA, para la detección de la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, causante del raquitismo del retoño en caña de azúcar. 2006.

Fecha	Variedad	Sección	Severidad (%)		Incidencia (%)		
			THV	MAFD	THV	MAFD	TB
21/07/2005	B 80-689	Achotal	46,6	20,1	100	8,3	-
21/07/2005	B 80-689	El Moral	43,3	19,0	100	19,0	-
21/07/2005	CP 72-2086	El Moral	42,5	-	100	-	-
21/07/2005	NA 56-42	El Moral	18,8	45,6	100	10,0	-
13/12/2005	B 80-689	El Moral	39,6	45,6	100	2,6	-
13/12/2005	CP 72-2086	Birmania	42,1	-	100	-	-
13/12/2005	NA 56-42	Birmania	32,3	31,3	100	9,5	10,0
13/12/2005	NA 56-42	El Moral	82,8	18,3	100	22,2	-

Fuente: Chavarría 2006.

THV: Tinción de haces vasculares con safranina.

MAFD: Microscopía de autofluorescencia directa sobre el metaxilema.

TB: Prueba serológica de impresiones en papel de nitrocelulosa (Tissue blot).

De acuerdo a lo mencionado por Chavarría (2006), los resultados no muestran una tendencia similar entre los métodos. Ya que el THV, es una medida indirecta que no asegura si el problema en la actividad de los haces vasculares puede ser atribuido a *L. xyli*.

Por otro lado el método de observación directa MAFD, es el más utilizado en los laboratorios de DIECA, ya que es el método más económico y rápido de todos, sin embargo, su precisión depende mucho de la concentración de células bacteriales y de la habilidad del observador. Por último el método del TB, es la técnica de mayor precisión y confiabilidad, también es la más cara y requiere de personal muy bien entrenado para llevarla a cabo. Este cuenta con la enorme dificultad de la necesidad de utilizar anticuerpos específicos que no están disponibles a nivel comercial, por lo que el acceso a éstos es enormemente restringido (Chavarría 2006).

De los tres métodos el que provee de resultados mas confiables es el TB, por lo que se puede asegurar que los semilleros muestreados poseen un nivel ideal de sanidad en lo que a RSD se refiere. Solamente la muestra de NA56-42 de la sección de Birmania indica la presencia de la bacteria, lo que resulta en una incidencia baja (10%). Cabe resaltar que el método de TB no permite la estimación de la severidad ya que no es posible hacer el conteo de los haces vasculares limpios, debido a que éstos no se marcan en la membrana de nitrocelulosa, por lo que solamente se pueden observar los haces vasculares afectados (Chavarría 2006).

2.6.1.3 Escaldadura de la hoja

La Escaldadura Foliar es causada por la bacteria *Xanthomonas albilineans*, siendo ésta una enfermedad importante a nivel mundial y en Costa Rica no es la excepción, ya que su presencia ha venido en aumento en los últimos años, principalmente en las regiones cañeras de Guanacaste y San Carlos. Entre los controles más importantes se encuentran los preventivos tales como: el uso de variedades tolerantes, la utilización de material propagativo sano, el entresaque y eliminación de material enfermo y por último evitar la transmisión mecánica por medio de la desinfección de las herramientas de corta (Duran y Chaves 1996).

El diagnóstico de esta enfermedad puede ser difícil, según Victoria (1994), esto se debe a que se presentan tres fases diferentes de infección en las plantas de caña de azúcar:

- Fase latente: en este caso no se observan síntomas en el follaje que permitan sospechar la presencia de la bacteria causal en los tejidos internos. En la mayoría de los casos la fase latente se presenta en variedades resistentes o tolerantes. En ocasiones se puede reconocer por la presencia de pequeñas rayas rojizas en el interior de los tejidos del tallo, similares a las observadas en la fase crónica. Su diagnóstico exacto requiere del aislamiento del organismo y de pruebas serológicas complementarias.

- Fase crónica: se caracteriza por presentar estrías continuas blancas y finas originadas en las nervaduras de las hojas, muy bien definidas, entre 1 y 2 mm de ancho. A menudo una sola cepa puede presentar tallos sanos y tallos infectados. En los tallos de mayor edad se pueden producir brotes laterales o "lalas", que presentan en general hojas cloróticas. Internamente los tejidos de los tallos afectados pueden presentar rayas cortas de color rojo oscuro debido a la necrosis de los haces vasculares. Esas rayas se pueden observar en los entrenudos pero son más evidentes en los nudos sobre todo cuando externamente existen brotes laterales.

- Fase aguda: se caracteriza por la muerte repentina de la planta, sin que ésta haya presentado síntomas crónicos.

2.6.2 Enfermedades producidas por virus

Las enfermedades causadas por virus se deben orientar prioritariamente hacia el combate del vector y la utilización de semilla vegetativa sana. Tanto para el Virus del Mosaico (SCMV) como el Virus de la Hoja Amarilla (SCYLV), se deben realizar inspecciones y monitoreos periódicos de campo con el fin de determinar la población de vectores presente, especialmente los áfidos de las especies *Sipha flava*, *Rhopalosiphum maidis* y *Melanaphis sacchari*. El combate de los vectores se orientará mediante las prácticas del MIP, utilizando el combate químico solamente en caso de ser estrictamente necesario. Además es de gran importancia el uso de material vegetativo (semilla) libre de la presencia de virus (Alfaro *et al.* 2007).

2.6.3.1 Virus del Mosaico (SCMV)

Esta enfermedad es causada por el Virus del Mosaico Común (SCMV, sigla en inglés), y se encuentra ampliamente distribuida por el mundo, sin embargo en Costa Rica se encuentra principalmente concentrada en las partes altas, siendo el Valle Central el mayor punto en donde se localiza (Duran y Chaves 1996).

El síntoma más característico de la enfermedad es la presencia en forma alterna de áreas verde-oscuras y cloróticas en la lámina foliar, ya que la enfermedad se caracteriza por destruir en diferentes grados la clorofila, observándose en las hojas jóvenes diferentes tonalidades de colores entre verde y amarillo (Subirós 1995).

Tanto Durán y Cháves (1996) como Subirós (1995), mencionan que la eliminación de las plantas enfermas es una práctica de control positiva que evita la diseminación de la enfermedad. Sin embargo esta práctica es costosa debido a los requerimientos de mano de obra, por lo cual últimamente se ha incrementado el uso de herbicidas como glifosato (Roundup) para la destrucción de estas plantas (Victoria *et al.* 1995).

2.6.3.2 Virus de la Hoja Amarilla (SCYLV)

Scagliusi y Lockhart en el año 1997, mencionados por Victoria *et al.* (1999), mostraron que la enfermedad era causada por un lúteovirus, al cual denominaron Sugarcane Yellow Leaf Virus (ScYLV, sigla en inglés). Sin embargo, Moonan y Mirkov (1999), mencionados por Victoria *et al.* (1999), utilizando los últimos sistemas de taxonomía clasificaron nuevamente el agente causal como un polerovirus.

Dicha enfermedad es de importancia económica en la producción azucarera, ya que esta se encuentra asociada con disminuciones extrañas en la concentración de sacarosa y en la producción de caña, incluso en algunas variedades sin que se presenten síntomas externos visibles en la planta (Victoria *et al.* 1999).

El diagnóstico se hace difícil, ya que no todas las variedades muestran síntomas externos, sin embargo se asocia la enfermedad con la aparición de una coloración amarillo intenso en la nervadura central, la cual se extiende de la base de la lámina, hacia el extremo distal de la hoja, además la aparición de este síntoma se da principalmente en hojas viejas y se encuentra asociado a

condiciones de estrés por déficit de agua. Para verificar la existencia de la enfermedad se recomienda realizar las pruebas de laboratorio que indiquen la presencia del virus (Victoria *et al.* 1999).

2.7 Tratamiento Térmico de la Semilla

El material vegetal o esquejes utilizados como semilla para el establecimiento de un semillero, debe ser tratado térmicamente mediante el uso de agua caliente, con el fin de inactivar agentes patógenos principalmente hongos y bacterias causantes de la transmisión de enfermedades; no así la inactivación de virus, para lo cual resulta necesario la propagación por medio de la técnica de cultivo de Tejidos *In vitro* (Alfaro *et al.* 2007). Según Subirós (1995), entre los principales patógenos que se inactivan se encuentran: las bacterias *Xanthomonas albilineans* y *Leifsonia xyli*, causantes de la escaldadura de la hoja y del raquitismo de las socas respectivamente; además del hongo *Ustilago scitaminea* promotor de la enfermedad conocida como el carbón. Dichos patógenos impiden que las variedades puedan expresar su máximo potencial genético como productoras de material limpio y sano de gran calidad como material reproductor de plantaciones comerciales rentables.

Cabe resaltar que es importante la utilización de equipo especializado con el fin de evitar cambios bruscos en la temperatura y en el tiempo de exposición; que puedan alterar negativamente las características del material de propagación tal como la viabilidad de las yemas (Subirós 1995).

La semilla a tratar debe ser seleccionada, limpiada y cortada en esquejes de tamaño tradicional, usando como referencia la comprensión de tres yemas que deben cumplir con las características deseables de una buena semilla, como lo es el diámetro del tallo, ya que los esquejes delgados alcanzan antes la temperatura deseada en su sección media, inactivando más rápidamente, los microorganismos, si se compara con los tallos gruesos (Alfaro *et al.* 2007; Subirós 1995).

Luego la semilla es depositada en cajas que son sumergidas en un tanque con agua caliente a temperatura constante de 51 °C durante una o dos horas continuas, ya que existen algunas variedades en donde las yemas se pueden perjudicar. Una vez procesada la semilla con el hidrotratamiento es recomendable sumergir la semilla en una solución con fungicida Vitavax 40 WP (Carboxin + Captan) a razón de 2,5 g/litro de agua a temperatura ambiente durante 10 minutos, con el fin de evitar el ataque de hongos una vez que se siembra en el campo (Alfaro *et al.* 2007).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del ensayo

La investigación se desarrolló en el lote 1, de la sección Moral, de la zona 1, propiedad de la Central Azucarera Tempisque, S. A. (C.A.T.S.A). La misma se ubica en el cantón de Liberia, provincia de Guanacaste, Costa Rica; localizada a 10° 30´ 24 Latitud Norte, 85° 31´ 27 Longitud Oeste y a una altura de 16 m.s.n.m., con un suelo del orden Inceptisol. La localidad presenta características climáticas generales de una temperatura máxima de 32,92 °C, una media mínima de 22,34 °C y una media general de 26,79 °C. La precipitación anual promedio es de 1700 mm. El período experimental o la fase de campo tuvo una duración de nueve meses, la cual se desarrollo a partir de abril del 2008 a enero del 2009.

3.2 Descripción y antecedentes del área experimental

El área donde se estableció el experimento ha sido utilizada por el Departamento de Investigación, principalmente en el desarrollo de estudios varietales y plantación de Semilleros Básicos.

Cabe resaltar que en dicha área se han realizado prácticas o procedimientos de rutina (abonos, herbicidas, subsolado, etc) utilizados por CATSA para el manejo tecnológico de sus plantaciones. Además se cuentan con análisis en los cuales se conocen las características físicas y químicas del suelo.

3.3 Establecimiento de las parcelas experimentales

3.3.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno es determinante y muy importante para asegurar el éxito de la investigación por lo cual se realizó al menos un mes antes de la siembra; mediante el pase de una rastra para la eliminación de cepas de caña. Luego a los 15 días posteriores se realizó un pase con un subsolador de dos cuerpos a una profundidad de 50 cm, seguidamente se efectuó un pase con un

arado de cinceles de seis cuerpos a una profundidad entre los 40 y 50 cm. Cabe resaltar que estas dos últimas labores se realizaron en forma perpendicular para asegurar una mejor preparación del suelo, y garantizar la eliminación de cepas voluntarias y malezas que a futuro pudieran contaminar la semilla y hacer perder su calidad. Posteriormente se realizó un pase con la rastra afinadora, mejorando la estructura del suelo, listo para ser sembrado. Finalmente antes de la siembra se realizó el surcado a una profundidad de 30 cm, como última labor de preparación del terreno antes de la siembra.

3.3.2 Selección de la semilla

Se preseleccionó la semilla que cumplía a cabalidad con todos los requisitos. En el caso del material *In vitro* se seleccionaron almácigos de plántulas debidamente enraizadas y listas para ser sembradas en el campo. Por otro lado, en el caso del material propagativo obtenido de tallos se consideraron los siguientes aspectos fundamentales, como: yemas sanas, sin germinación previa, con buen grosor y sin rajaduras, típicos de la variedad biotipo a reproducir, vigorosos, sin afecciones fitosanitarias, entre otros.

3.3.3 Tratamiento de la semilla

Algunos tratamientos requirieron del proceso de hidrotermoterapia de la semilla; esto cuando se utilizó material propagativo a partir de tallos. Dicho proceso de tratamiento térmico consistió en el uso de agua caliente con el objeto de evitar la transmisión de enfermedades fungosas y bacterianas.

Para efectuar este proceso la semilla se limpió y cortó en esquejes de tres yemas, eliminándose los extremos de los tallos y aquellos que no reunieron características deseables como grosor, largo de entrenudo, condición de la yema, etc., esto antes de ser depositadas en cajas plásticas.

Posteriormente, las canastas con la semilla se sumergieron en una planta de tratamiento automática, la cual consiste en un tanque con agua caliente a temperatura constante de 51 °C durante una hora continua. Luego de superar

dicho tratamiento las cajas se sumergieron en una solución con fungicida Vitavax 40 WP (Carboxin + Captan) a razón de 2,5 g/litro de agua a temperatura ambiente durante 15 minutos.

3.3.4 Siembra

3.3.4.1 Siembra de esquejes

Posterior de ser aplicado el Tratamiento Hidrotérmico, en el caso de los tratamientos que lo requirieron, los esquejes de tres yemas se depositaron en el fondo de cada surco colocando en promedio tres esquejes en forma paralela con una posible densidad de 18 yemas sanas por metro lineal y a una distancia entre surcos de 1,50 metros (en promedio tres chorros/surco).

3.3.4.2 Siembra de plántulas *In vitro*

En el caso de que la fuente de material fuera plántulas *In vitro*, es importante tener presente que éstas llegan a los campos debidamente enraizados y en adobe moldeado por las bandejas contenedoras, las cuales deben manipularse cuidadosamente.

Por lo general en esta condición, cada plántula estaba conformada por una cepa con tres o más tallos jóvenes, los cuales se sembraron siguiendo y respetando las siguientes instrucciones obtenidas y adaptadas del protocolo para el establecimiento y manejo de semilleros básicos publicado por Alfaro *et al.* (2007):

1. Realizar una siembra a una densidad de 0,5 m entre plantas y 1,5 m entre surco.
2. Realizar con un espeque los agujeros de aproximadamente 7 cm de ancho y un máximo 15 cm de profundidad en el fondo del surco.
3. Colocar el fertilizante durante la siembra contiguo a cada golpe de siembra, en otro agujero adicional de aproximadamente 5 cm de diámetro y profundidad.

4. Distribuir las plántulas de manera que se coloque una por cada golpe de siembra realizado.
5. Realizar la tapa de las plántulas, la cual se hará a la altura del adobe original (cuello de los tallos).

3.4 Tratamientos evaluados

Se evaluaron diez tratamientos experimentales:

- SST (CP72-2086, NA56-42): Semilla seleccionada y tratada variedad (CP72-2086, NA56-42). Estos dos tratamientos involucraron semilla seleccionada (esquejes) provenientes de un semillero comercial (sin tratamiento térmico) y a la que se le aplicó antes de la siembra el proceso de hidrotermoterapia.
- SNT (CP72-2086, NA56-42): Semilla seleccionada sin tratar variedad (CP72-2086, NA56-42). Consistió en material de semilla proveniente de semilleros comerciales (esquejes originados de semilleros sin tratamiento térmico), la cual se seleccionó y sembró sin tratar con agua caliente.
- PIV (CP72-2086, NA56-42): Plantas *In vitro* variedad (CP72-2086, NA56-42).
- SIV (CP72-2086, NA56-42): Semilla seleccionada proveniente de semilleros *In vitro* variedad (CP72-2086, NA56-42). Se fundamentó en la utilización de material seleccionado de semillero *In vitro* de primera generación y sin tratamiento térmico.
- TA (CP72-2086, NA56-42): Semilla no seleccionada y sin tratar, variedad (CP72-2086, NA56-42). El material de semilla provenía de plantaciones comerciales (originados sin tratamiento térmico), y correspondió al testigo absoluto de la investigación.

3.5 Manejo del semillero

Todas las unidades experimentales o parcelas tuvieron el mismo manejo agronómico preventivo (fertilización, control de plagas, etc.), el cual fue el manejo de rutina aplicado por CATSA en sus plantaciones de semilleros.

3.6 Variables evaluadas

3.6.1 Germinación

Se evaluó en la séptima semana después de la siembra (50 días), mediante el conteo de todos los brotes emergidos en las parcelas sembradas con esquejes. En las parcelas de plántulas *In vitro* se evaluaron aquellas plántulas que se establecieron con éxito en cada parcela y se tomó nota de las pérdidas en todos los casos. En ambos casos la evaluación se basó en un conteo visual de los cinco surcos, representantes de la unidad experimental.

3.6.2 Altura promedio de los tallos

Se evaluó a los cinco meses y medio de la siembra. Esta se realizó tomando tres puntos de muestreos distribuidos de manera diagonal en los tres surcos centrales de la unidad experimental. Cada área de muestreo consistió de un metro lineal donde se seleccionaron tres tallos al azar para realizar la medición de altura y grosor. La altura se tomó de la base del tallo a la primera lígula visible, mediante la utilización de una cinta métrica, graduada en centímetros, adicionada a un tubo que facilitó la medición.

3.6.3 Grosor promedio de los tallos

Esta variable fue evaluada a los cinco meses y medio de edad, de forma simultánea con la altura y la población de cada parcela. Para evaluar el grosor se midió el diámetro de los tallos mediante la utilización de un calibrador graduado en mm, tipo vernier (pie de rey), esta medición se realizó en el entrenudo cinco, de tres tallos seleccionados aleatoriamente por punto de muestreo. Existieron tres puntos de muestreos conformados cada uno por un metro lineal. Cada punto de

muestreo se distribuyó de manera aleatoria en dirección diagonal en los tres surcos centrales de la unidad experimental.

3.6.4 Población

Fue evaluado a los cinco meses y medio de la siembra. Al igual que en la variable altura se seleccionaron al azar tres puntos de muestreos distribuidos de manera diagonal en los tres surcos centrales de la unidad experimental. Cada punto de muestreo fue de un metro lineal en donde se cuantificó el número de tallos/m.

3.6.5 Peso de la semilla

De la semilla cosechada en las parcelas, se debió pesar tanto la semilla utilizable y empacada en los sacos, como el rechazo en cada parcela para determinar la calidad de la semilla producida por cada tratamiento. Esto se efectuó a los nueve meses luego de la siembra, con la utilización de una balanza, graduada en kilogramos.

3.7 Área experimental y unidades experimentales

El área total del experimento fue de 3780 m². Se evaluaron 10 tratamientos con cuatro repeticiones para un total de 40 parcelas o unidades experimentales de 94,5 m².

Cada unidad experimental o parcela estuvo conformada por cinco surcos de seis metros de longitud (45 m²), la distancia entre los surcos fue de 1,5 metros. Además existieron tres metros de separación entre las parcelas a lo largo del surco, y seis metros o dos surcos libres de separación entre las parcelas a lo ancho.

3.8 Análisis de las variables

Para el análisis de las variables se implementó un diseño experimental de bloques al azar con un arreglo de parcelas divididas, en donde la variedad estuvo

establecida en la parcela grande y la fuente de material propagativo en la parcela pequeña. Se implementó un diseño en bloque principalmente por la presencia de un factor externo como lo fue la falta de homogenización del riego a lo largo de los surcos.

Los tratamientos fueron analizados estadísticamente por medio de un análisis de varianza (Prueba F) con el paquete estadístico InfoStat/Profesional versión 1.1; al encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó una prueba adicional de medias (Tukey), con el fin de conocer entre cuales medias de los tratamientos existieron diferencias significativas. Cabe resaltar que en algunas variables existió interacción entre los dos factores evaluados (variedad y material de propagación), por lo cual en dichos casos se realizaron dos análisis de varianza, uno para cada factor y luego la prueba adicional de diferencias entre medias (Tukey).

Modelo matemático

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + V_j + N_{ij} + P_k + (VP)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = representa la respuesta del j-ésimo nivel del factor Variedad y del k-ésimo nivel del factor Material de propagación;

μ = representa una media general del experimento;

B_i = el efecto del bloque;

V_j = el efecto que produce el j-ésimo nivel del factor Variedad (parcela grande);

N_{ij} = elemento aleatorio del error sobre la parcela grande (ij);

P_k = el efecto que produce el k-ésimo nivel del factor Material de Propagación;

$(VP)_{jk}$ = la interacción del j-ésimo nivel del factor Variedad y del k-ésimo nivel del factor Material de Propagación.

E_{ijk} = el error es aleatorio asociado a la observación ijk -ésima que usualmente se supone normal, independiente e independientemente distribuido con esperanza de cero y varianza común.

En el experimento se llevaron a cabo cuatro repeticiones con la obtención de los siguientes grados de libertad del error:

Cuadro 7. Fuentes de variación con los respectivos grados de libertad para realizar el ANDEVA (análisis de varianza). CATSA, 2009.

Fuente de variación	GL
Bloques	3
V (Variedad)	1
N (error parcela grande)	3
P (Material de propagación)	4
VP (Interacción Variedad- Material de propagación)	4
Error experimental	24
TOTAL	39

	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	
PIV	NA56-42 1 SIV	CP72-2086 20 TA	NA56-42 21 SNT	CP72-2086 40 SST	NA56-42
PIV	NA56-42 2 TA	CP72-2086 19 PIV	NA56-42 22 TA	CP72-2086 39 SNT	NA56-42
PIV	NA56-42 3 SNT	CP72-2086 18 SIV	NA56-42 23 PIV	CP72-2086 38 PIV	NA56-42
PIV	NA56-42 4 SST	CP72-2086 17 SNT	NA56-42 24 SST	CP72-2086 37 SIV	NA56-42
PIV	NA56-42 5 PIV	CP72-2086 16 SST	NA56-42 25 SIV	CP72-2086 36 TA	NA56-42
PIV	CP72-2086 6 SST	NA56-42 15 SST	CP72-2086 26 PIV	NA56-42 35 TA	NA56-42
PIV	CP72-2086 7 SIV	NA56-42 14 SNT	CP72-2086 27 SIV	NA56-42 34 SST	NA56-42
PIV	CP72-2086 8 SNT	NA56-42 13 PIV	CP72-2086 28 SNT	NA56-42 33 SNT	NA56-42
PIV	CP72-2086 9 TA	NA56-42 12 SIV	CP72-2086 29 SST	NA56-42 32 PIV	NA56-42
PIV	CP72-2086 10 PIV	NA56-42 11 TA	CP72-2086 30 TA	NA56-42 31 SIV	NA56-42
	Parcelas Barreras.	----- Cinco surcos de cada unidad experimental		Azul----- Par de Surcos libres	

Figura 4. Ejemplo esquemático de la distribución de las unidades experimentales en el campo. CATSA, 2009.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Monitoreo del componente rendimiento de la plantación

Para asegurarse el buen rendimiento de una plantación comercial es necesario partir de la utilización de material vegetativo proveniente de un semillero, porque permite la obtención de material de buena calidad. Entre las características que se resaltan en una semilla de calidad está su vigor y capacidad de germinación; lo que se determinó en la investigación mediante la evaluación de la germinación absoluta de los tratamientos alrededor de los 50 días.

Es importante aclarar que se contabilizó el total de los tallos emergidos en toda la unidad experimental (45 m²), esto con el fin de obtener un dato más representativo, ya que no se cuantificó la cantidad exacta de yemas que se sembraron, por lo cual la variable no se evaluó como porcentaje de germinación. Sin embargo, si se cuantificó como germinación absoluta. Obteniéndose los resultados representados en la Figura 5, donde se observa que para el caso de la variedad CP72-2086, los tres materiales de propagación presentaron un mayor número de tallos/m, con respecto al testigo absoluto, que correspondía a semilla sin seleccionar proveniente de una plantación comercial sin ningún tratamiento previo a la siembra.

Los resultados para el caso de la variedad CP72-2086, indican que al seleccionar la semilla en busca de características de buena calidad (sin enraizamiento previo de la yemas, rajaduras del tallo, ataque de plagas, etc.), permitió obtener una mayor germinación estadísticamente significativa; lo que según Subirós 1995, colabora a obtener una plantación más homogénea con un cierre del cultivo en un periodo más corto, economizándose el dinero de alguna labores (control de malezas), entre otros beneficios.

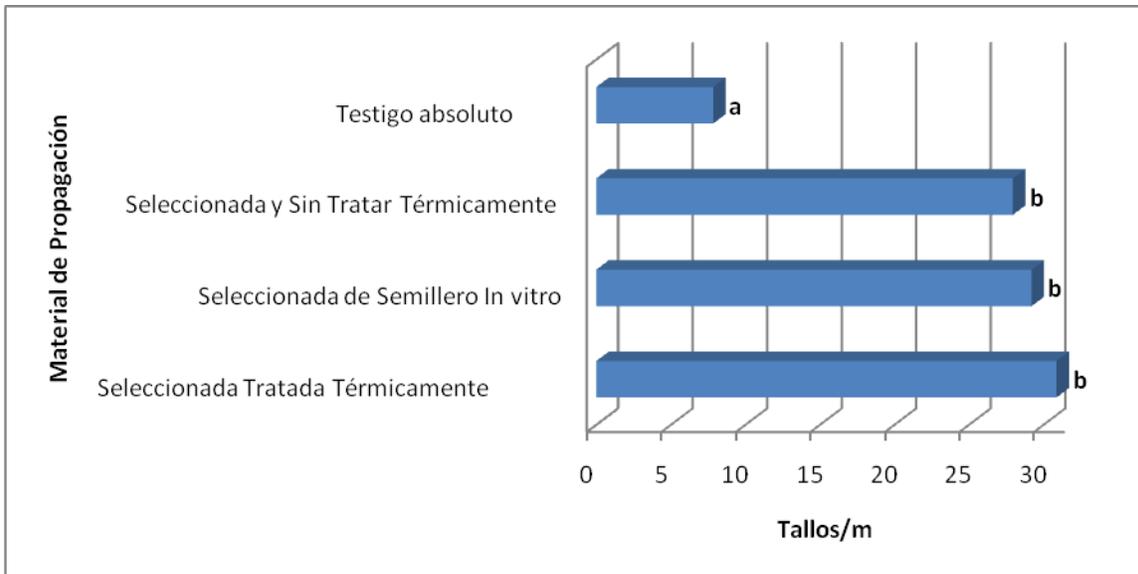


Figura 5. Germinación absoluta a los 50 días de la variedad CP72-2086. CATSA, 2009.

Como ya es conocido entre los elementos necesarios para una correcta reactivación del crecimiento vegetativo y el desarrollo de una plántula de caña de azúcar, se encuentra el adecuado suministro de agua, oxígeno y temperatura, sin embargo es indispensable tener en cuenta que dichas yemas deben tener una cantidad adecuada de azúcares reductores como la glucosa y fructosa. Se menciona esto porque en algunos casos los productores de caña de azúcar compran semilla provenientes de plantaciones comerciales y no de semilleros establecidos exclusivamente para tal fin, lo que conlleva a obtener semilla sin seleccionar o el Testigo absoluto en el caso de ésta investigación, con una edad mayor y un contenido de azúcares reductores muy baja y en consecuencia, tendrán una menor germinación, debido a que en los entrenudos existe una alta concentración de sacarosa, la cual la yema no puede utilizar en su proceso germinativo hasta no ser desdoblada, acarreando un gasto de energía y disminuyendo la emergencia de tallos.

En el caso de la variable germinación en la variedad NA56-42 representada en la Figura 6, también se observa un aspecto positivo en cuanto a la selección de

la semilla de calidad; esto fue estadísticamente significativo para el tratamiento de esquejes provenientes de un Semillero *In vitro* de primera generación. Sin embargo la Semilla Seleccionada y Tratada Térmicamente, presentó una germinación menor con respecto al Testigo absoluto, que son esquejes de plantaciones comerciales sin seleccionar; aunque este resultado no es estadísticamente significativo, se podría sospechar que las yemas de la variedad NA56-42 se ven afectadas por la hidrotermoterapia. Cabe mencionar que Erick *et al.* (2006), coincide con los resultados del presente trabajo, al mencionar que en las variedades NA56-42 y B80-689, el tratamiento con agua caliente tuvo un efecto ligeramente negativo sobre la germinación.

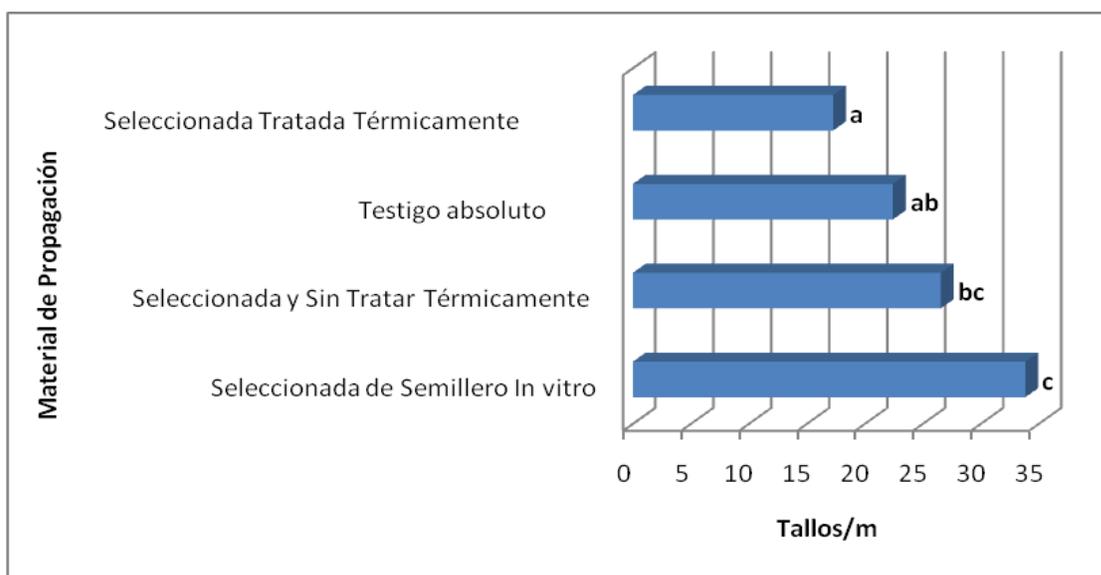


Figura 6. Germinación absoluta a los 50 días de la variedad NA56-42. CATSA, 2009.

Una posible causa podría ser las características morfológicas de los esquejes de la variedad NA56-42, ya que se ven afectados con el tratamiento térmico que se realizó en la investigación (51°C, durante una hora), existiendo una menor germinación con respecto a los demás tratamientos; habría que valorar el tiempo y la temperatura, o un pre tratamiento para evitar que la yemas de la variedad de NA56-42 se dañen y pierdan la viabilidad para emerger, pero se logre el objetivo de inactivar a los microorganismos patógenos.

Como se observa en la Figura 7, en el caso de la variable germinación, al comparar lo que sucede con el tratamiento térmico de las dos variedades, se llega a determinar que el efecto de la termoterapia es diferente en las variedades evaluadas (CP72-2086, NA56-42), esto se debe a que hay gran variabilidad en las características morfológicas de las variedades (longitud de entrenudo, grosor del tallo, espesor de la cáscara).

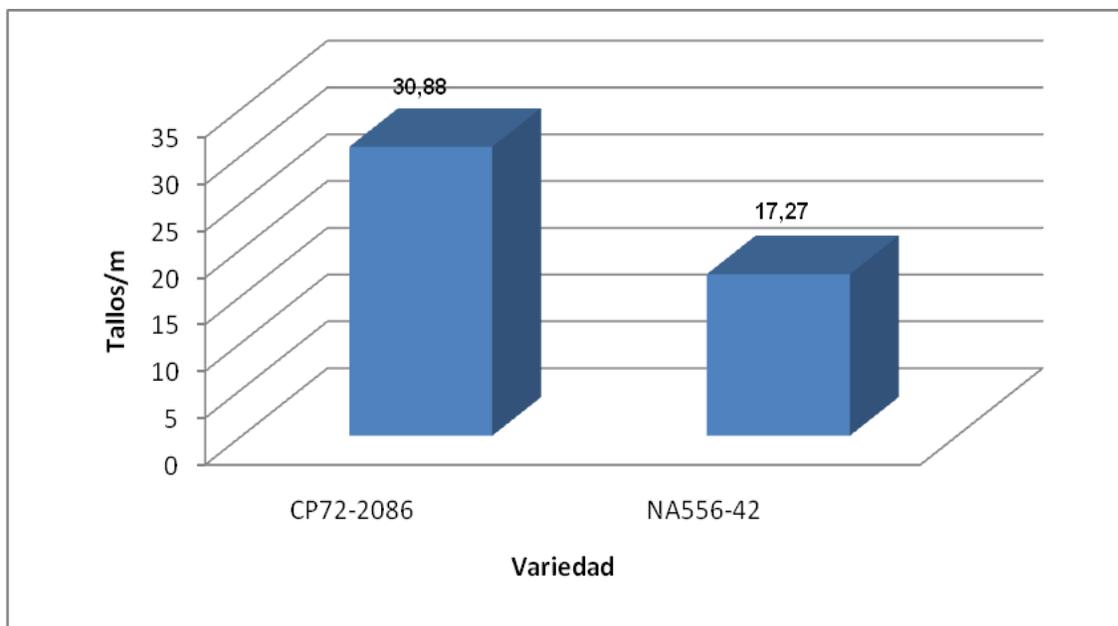


Figura 7. Germinación absoluta a los 50 días del material proveniente de Tratamiento Térmico, de ambas variedades. CATSA, 2009.

En la séptima semana además de la germinación también se evaluó el éxito del establecimiento de las parcelas de plántulas *In vitro*, se debe comentar que cada parcela experimental estaba conformada por 65 plántulas, las cuales fueron sembradas a una densidad de 0,5 metros entre plantas y 1,5 entre surcos. En la Figura 8, se observa que en ambas variedades hubo un excelente éxito de establecimiento del material propagativo, comprobando la gran capacidad de adaptación de los almácigos de plántulas *In vitro* provenientes de los laboratorios de LAICA, DIECA.

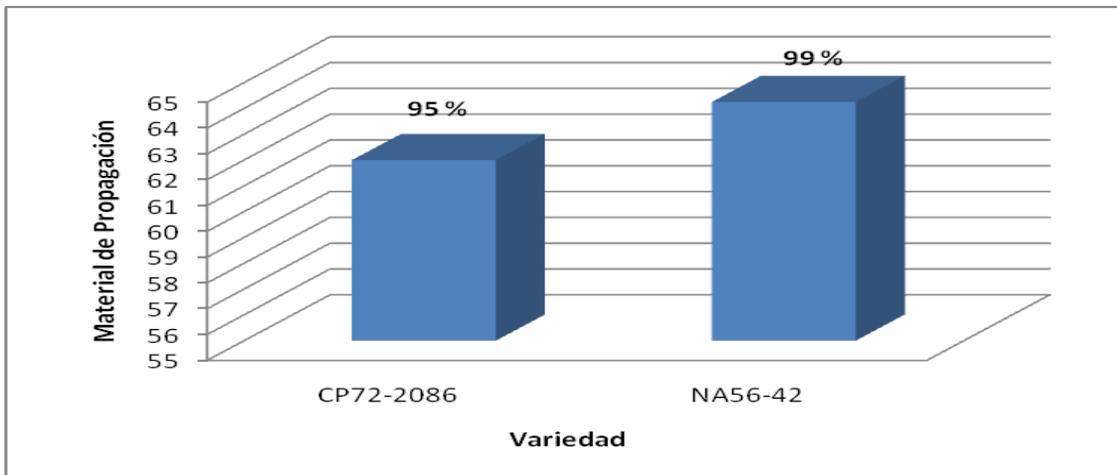


Figura 8. Éxito del establecimiento de plántulas *In vitro*. CATSA, 2009.

En el caso de la variable Altura de los tallos se puede observar en la Figura 9, que en ambas variedades no presentaron diferencias significativas entre los materiales de propagación. Lo que indica que en el caso de la investigación el origen del material de propagación, no afectó el comportamiento de la altura de los tallos, a los cinco meses y medio de edad, para ambas variedades. Lo que indica que la altura de los tallos es genéticamente estable y poco susceptible a sufrir alteraciones por efecto del origen del material de propagación.

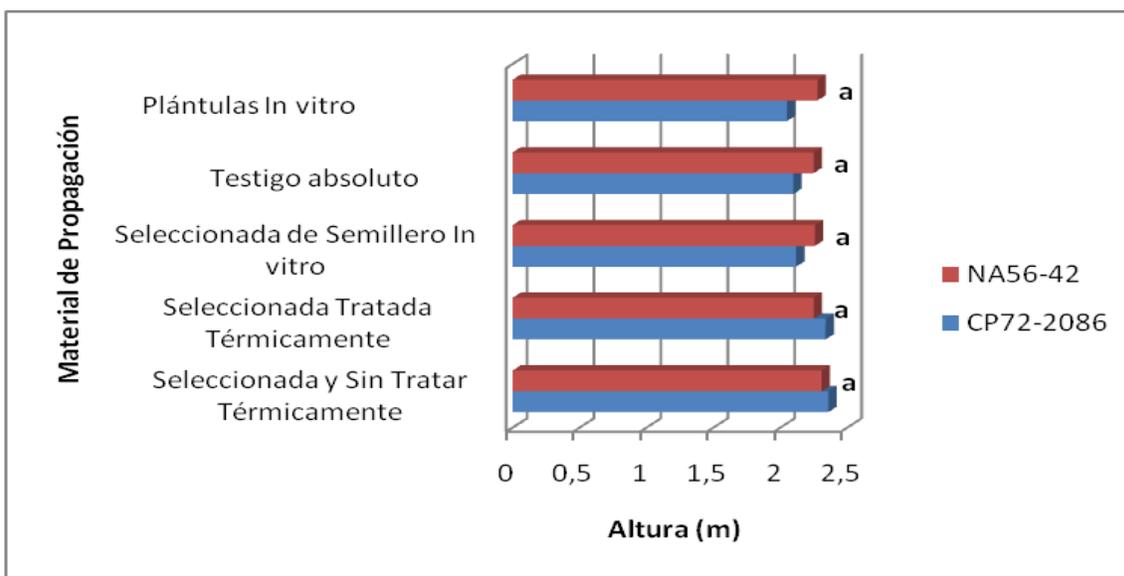


Figura 9. Altura a los cinco meses y medio de edad, para ambas variedades. CATSA, 2009.

Es importante mencionar que el coeficiente de correlación, representado en las las figuras y en la discusión de la investigación son bajos, sin embargo se incluyen como información importante, ya que en investigaciones del cultivo de caña de azúcar es difícil obtener coeficientes de correlación altos ($R^2 > 0,70$); por lo cual se considera que un $R^2 > 0,50$, es altamente significativo, y un $R^2 > 0,40$ es significativo, de acuerdo a lo mencionado por Sousa y Rea (1993), que lo justifican por lo difícil que es obtener un mayor tamaño de la muestra (representatividad) en las parcelas experimentales, debido al rápido cierre de la plantación y la dificultad en el ingreso de la misma.

En la Figura 10, se observa una correlación cuadrática moderadamente positiva ($R^2=0,340$), que indica un comportamiento creciente de la altura conforme aumentó la población de tallos/m en la parcela. Sin embargo llega a un punto donde la altura no aumenta, aunque exista una población de tallos/m mayor, por el contrario comienza a disminuir.

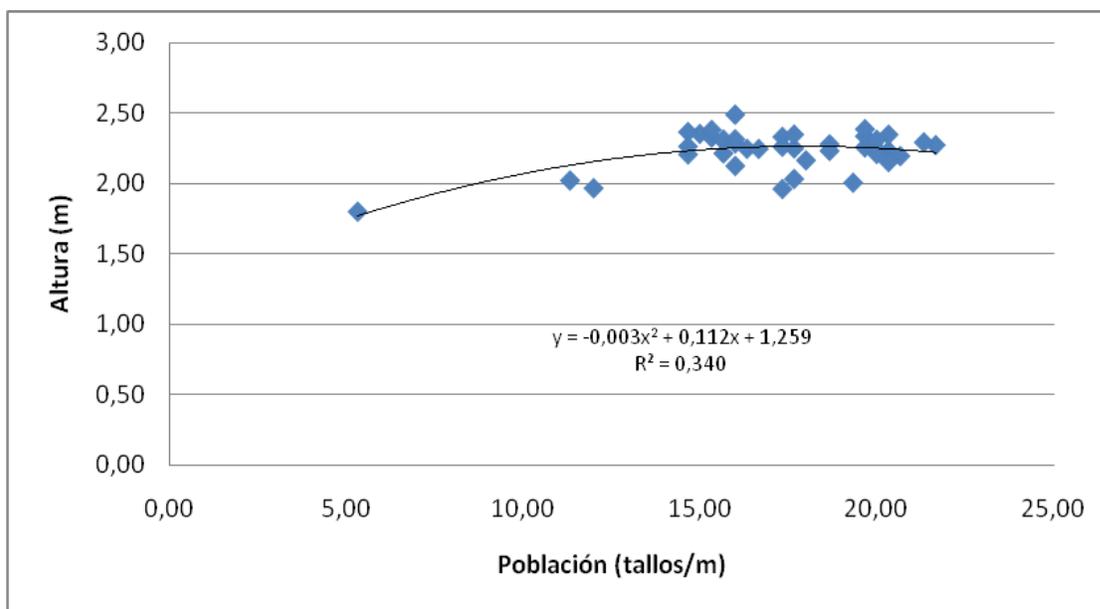


Figura 10. Relación entre la población de tallos/m según la altura del tallo. CATSA, 2009.

Además en la Figura 11, se observa que la altura del tallo tiene influencia en la producción de semilla, ya que existe una correlación cuadrática moderadamente positiva ($R^2=0,415$), donde la tendencia indica que conforme aumenta la altura del tallo aumenta la producción de kilogramos de semilla; claro hasta cierto límite, ya que existe un punto de inflexión.

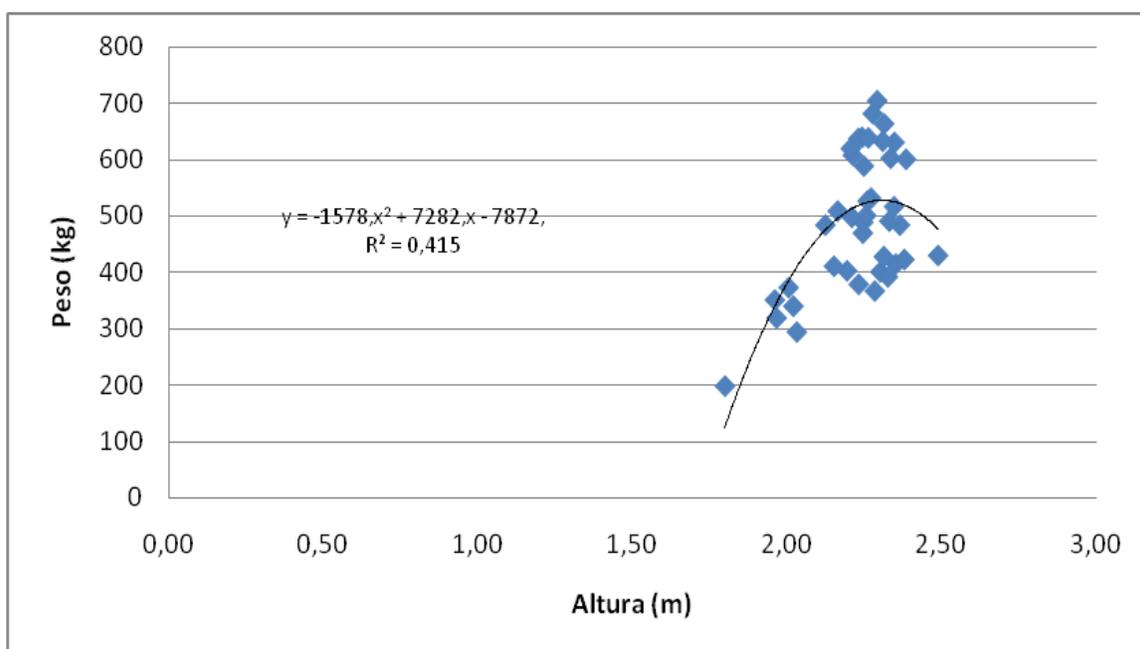


Figura 11. Relación entre la altura del tallo y la producción de semilla. CATSA, 2009.

Otro componente que influye (negativamente) en el rendimiento de la semilla es el grosor del tallo, tal como se indica en la Figura 12, donde se comprueba que el Testigo absoluto de ambas variedades (CP72-2086, NA56-42), fue el que presentó un mayor diámetro del tallo, superando estadísticamente en ambas variedades al material proveniente de Plántulas *In vitro*.

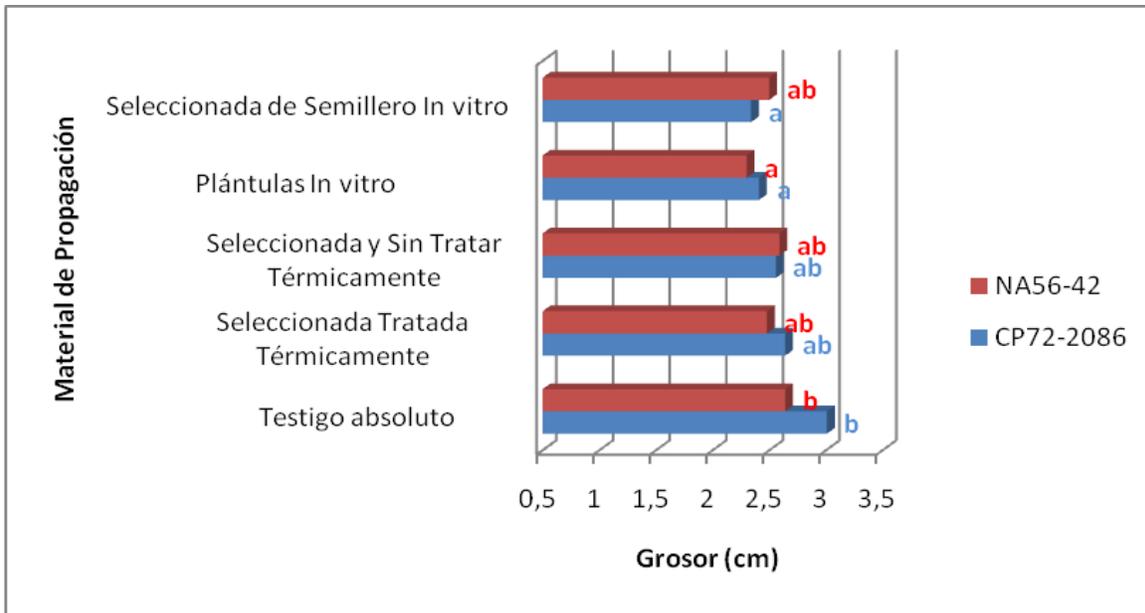


Figura 12. Grosor a los cinco meses y medio de edad para ambas variedades. CATSA, 2009.

El mayor grosor de los tallos obtenidos en el tratamiento del Testigo absoluto o semilla sin seleccionar podría fundamentarse en que existen una menor población (tallos/m) en dichas parcelas, desarrollándose una menor competencia por los nutrientes y energía (radiación solar) que por medio de la fotosíntesis, produce los carbohidratos o azúcares que se acumulan en el entrenudo del tallo, dándole el grosor al mismo.

Esto se puede apreciar en la Figura 13, donde el comportamiento de la población de tallos/m según el grosor del mismo, muestra una tendencia moderadamente cuadrática ($R^2=0,476$) en forma negativa, indicando que al aumentar la población disminuye el grosor de los tallos, debido a la competencia por nutrientes y luz, lo que podría afectar el grosor de los tallos.

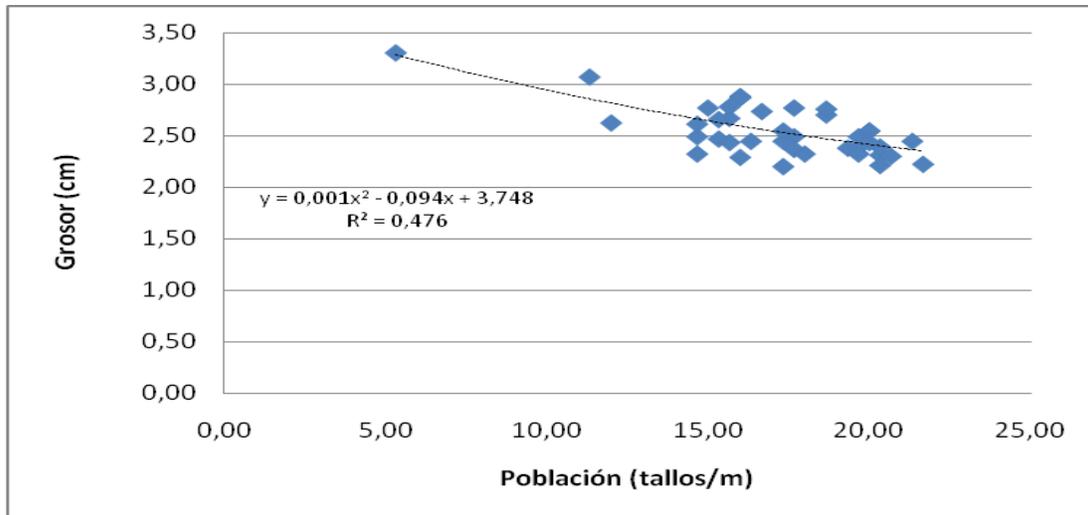


Figura 13. Relación entre la población de tallos/m y el grosor del entrenudo del tallo. CATSA, 2009.

Además en la Figura 14, se verifica que el grosor del tallo influye negativamente en la producción de semilla, ya que se observa una correlación cuadrática, con el coeficiente de correlación bajo ($R^2=0,207$), sin embargo la tendencia indica que conforme aumenta el grosor del tallo disminuye la producción de kilogramos de semilla.

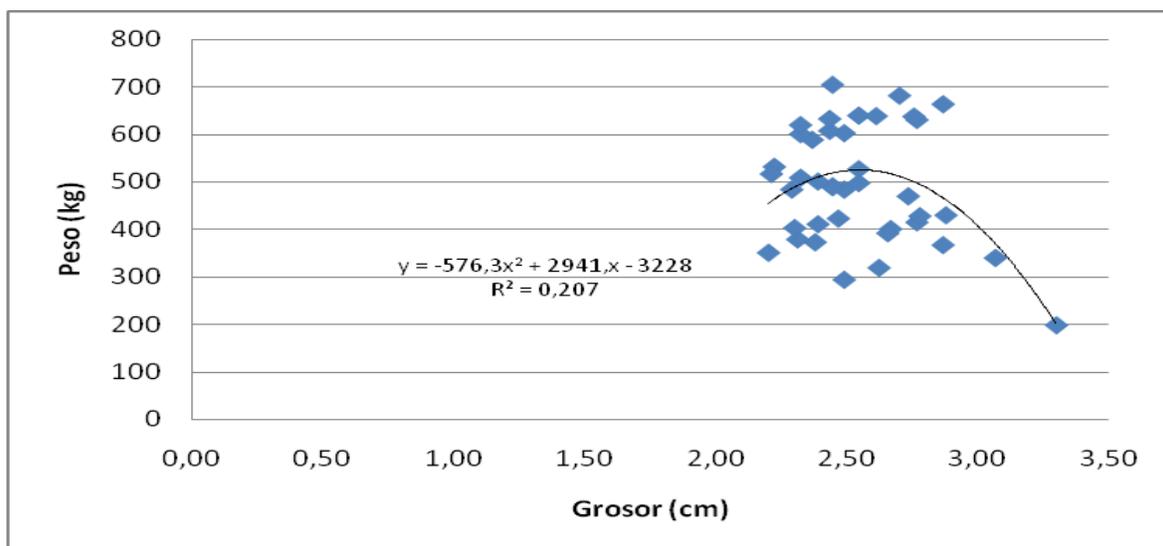


Figura 14. Relación entre el grosor del entrenudo del tallo y la producción de semilla. CATSA, 2009.

Con respecto a la población de plantas valorada a los cinco meses y medio, se puede observar en la Figura 15, que existe significativamente una mayor cantidad de tallos/m en varios materiales de propagación con respecto al Testigo absoluto de ambas variedades, lo que comprueba que se deben destinar áreas exclusivas para el establecimiento de semilleros, donde se utilice material vegetativo previamente seleccionado en base a características de calidad; y así evitar la utilización de cualquier semilla sin criterios de selección que provenga de un área que estaba destinada previamente para la producción de caña de azúcar comercial.

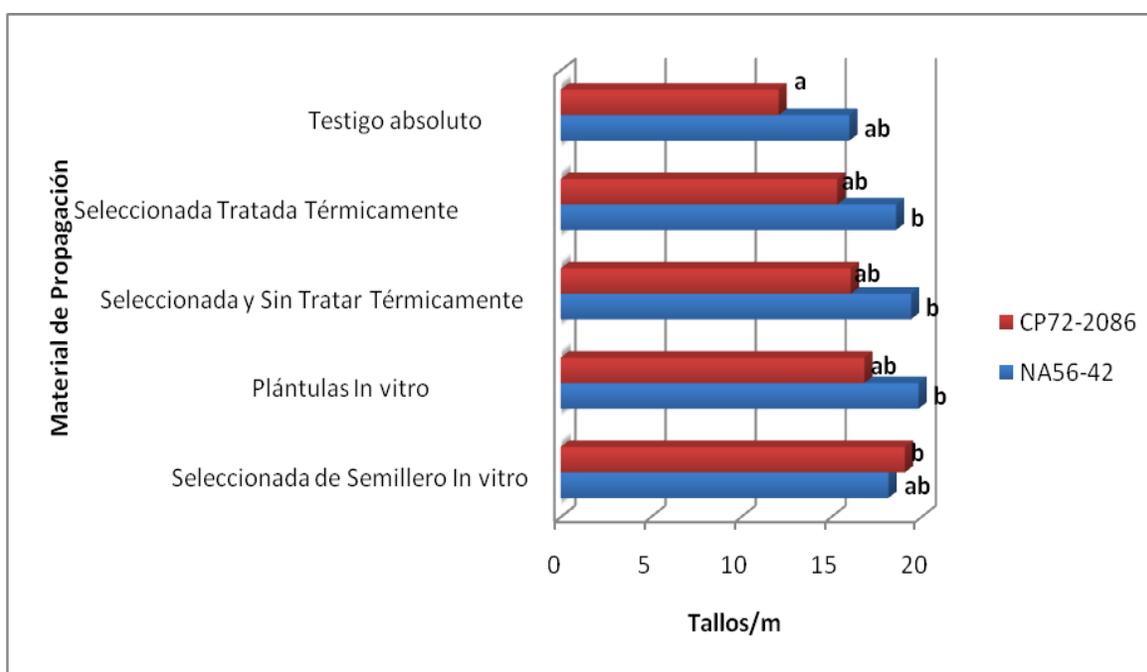


Figura 15. Población cuantificada a los cinco meses y medio de edad para ambas variedades. CATSA, 2009.

En el caso de la variedad CP72-2086, se observa en la Figura 15, que los esquejes provenientes de un semillero *In vitro* presentan un mayor número de tallos/m a los cinco meses y medio, dando consistencia a lo presentado en las Figuras 5 y 6, donde el Semillero *In vitro*, presenta los mejores resultados de germinación para ambas variedades. Además en la figura anterior, se observa que

la variedad NA56-42, posee una mayor capacidad de macollamiento, con respecto a la variedad CP72-2086, esto se debe a la variabilidad genética existente entre ambas variedades.

Por otro lado al observar la Figura 16, se comprueba que existe una correlación entre la población de tallos/m y la producción de semilla, donde se aprecia que existe una tendencia potencial ($R^2=0,359$) en forma positiva, indicando que al aumentar la población de tallo/m, aumenta el rendimiento en kilogramos de semilla.

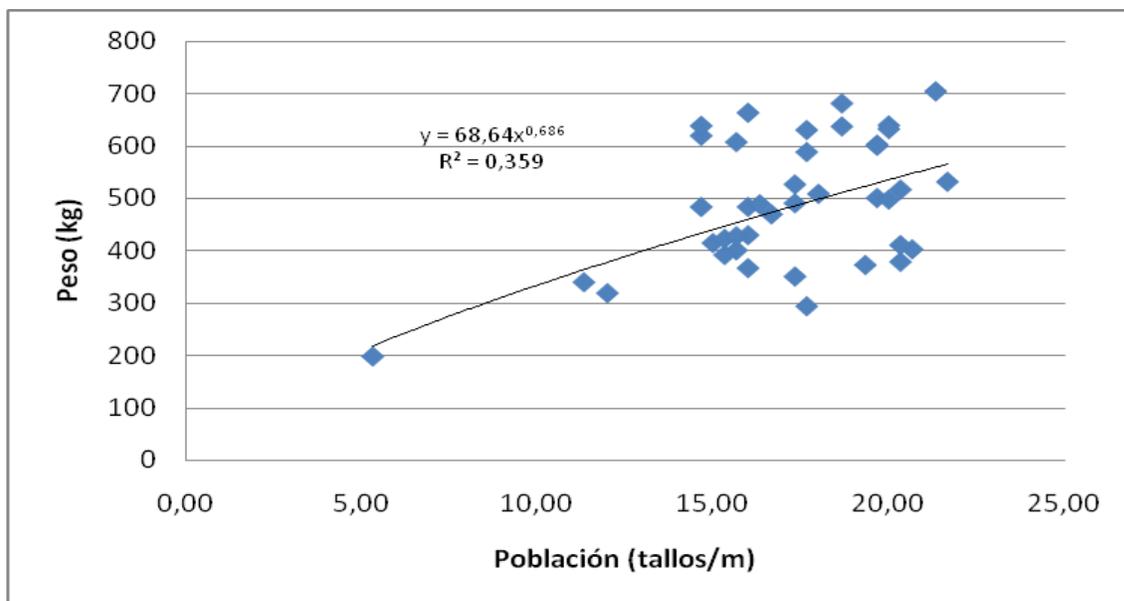


Figura 16. Relación entre la población de tallos/m según la producción de semilla. CATSA, 2009.

4.2 Producción y calidad de la semilla obtenida de los diferentes materiales propagativos

Una variable de suma importancia para conocer los beneficios de establecer áreas específicas de semillero, es el rendimiento de semilla de calidad que se puede obtener. En la investigación se logró obtener datos interesantes, representados en la Figura 17, donde se observa que para el caso de la variedad CP72-2086, existen diferencias significativas al seleccionar el material a sembrar, ya que el tratamiento testigo absoluto obtuvo el menor rendimiento de semilla de calidad, igualado con el tratamiento de Plántulas *In vitro*.

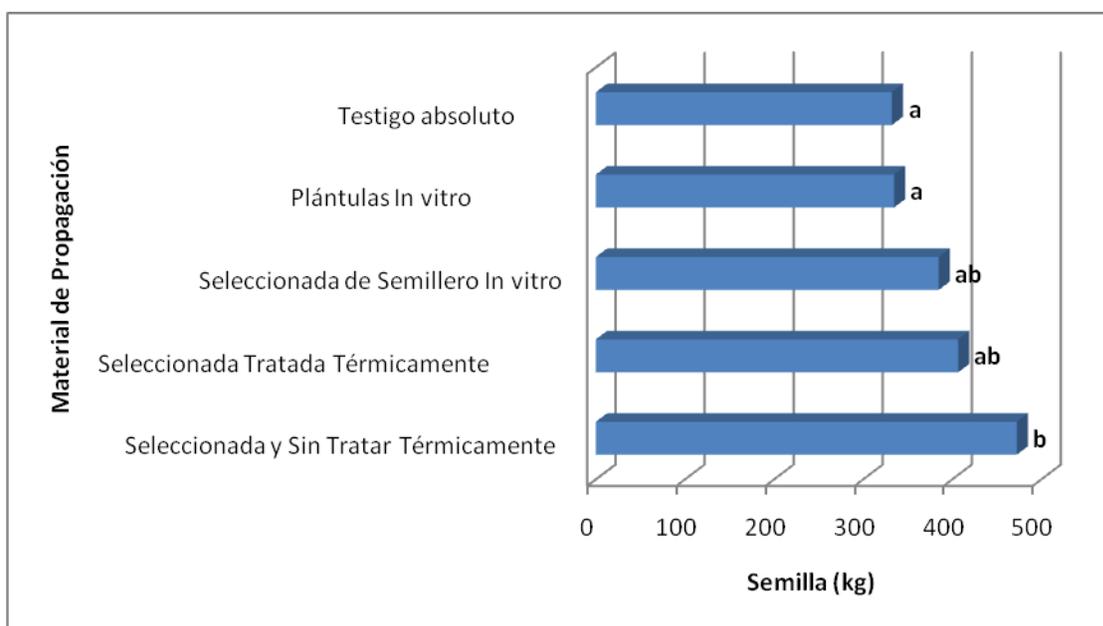


Figura 17. Cosecha de semilla de calidad de la variedad CP72-2086. CATSA, 2009.

El rendimiento de semilla de calidad es importante conocerlo, ya que entre mayor cantidad de semilla se obtenga así será la cantidad de hectáreas que se puedan sembrar. Según Subirós (1995), por lo general para sembrar una hectárea de caña de azúcar para obtener semilla de calidad, se requiere entre 10 y 12 ton de semilla.

Por lo cual basándose en el dato anterior y extrapolando los resultados obtenidos en las parcelas de 45 m² del ensayo, a una hectárea, se obtendría lo representado en el Cuadro 8, donde se observa que con el establecimiento de una hectárea de semillero de la variedad CP72-2086 con material proveniente de Semilla Seleccionada y Sin Tratar Térmicamente se podrían sembrar alrededor de 10 ha comerciales; por el contrario si se establece una hectárea de semillero con material vegetativo proveniente de una plantación comercial sin la previa selección correcta de la semilla (Testigo absoluto), se podrían sembrar alrededor de 7,4 ha comerciales de caña de azúcar.

Cuadro 8. Cantidad de semilla de calidad cosechada de la variedad CP72-2086, de acuerdo al tipo de material vegetativo utilizado como semillero. CATSA, 2009.

Material Propagación CP72-2086	Calidad (ton/ha)
Seleccionada y Sin Tratar Térmicamente	105
Seleccionada Tratada Térmicamente	90
Seleccionada de Semillero <i>In vitro</i>	86
Plántulas <i>In vitro</i>	74
Testigo absoluto	74

Entre las características negativas, por las cuales se debe seleccionar la semilla, se encuentra la presencia de raíces adventicias o raíces temporales representadas en la Figura 18, ya que estas hacen disminuir el vigor y por ende el porcentaje de germinación de la semilla, afectando el cierre de la plantación, lo que aumenta el costo de algunas labores (control de malezas) y al final el rendimiento, al existir menor cantidad de tallos molederos.



Figura 18. Enraizamiento de los tallos, características negativas de un material vegetativo. CATSA, 2009.

Cabe resaltar que algunos materiales de propagación presentaron, diferencias entre la semilla total cosechada y la semilla que realmente cumple con los requisitos de calidad de un buen material vegetativo apto para la siembra. Tal como es el caso que se observa en el Cuadro 9, donde el material proveniente de un semillero *In vitro* en la variedad CP72-2086, presentó una reducción de 31,75 kg de semilla especialmente por la presencia de raíces adventicias y otros defectos que no garantizaban la calidad del material, óptima para semilla. Esto es importante mencionarlo, ya que la semilla seleccionada proveniente de Esquejes Tratados Térmicamente obtuvo un mejor rendimiento de kilogramos de semilla de calidad con respecto al material Seleccionado proveniente de un Semillero *In vitro*, sin embargo esto no fue estadísticamente representativo.

Cuadro 9. Cantidad de semilla cosechada de la variedad CP72-2086, de acuerdo al tipo de material vegetativo utilizado como semillero. CATSA, 2009.

Material Propagación CP72-2086	Kilogramos		Porcentaje (%)	
	Total	Calidad	Total	Calidad
Seleccionada y Sin Tratar Térmicamente	472,5	472,5	100	100
Seleccionada de Semillero <i>In vitro</i>	416,75	385	88	81
Seleccionada Tratada Térmicamente	406,75	406,75	86	86
Plántulas <i>In vitro</i>	334,75	334,75	71	71
Testigo absoluto	332,25	332,25	70	70

En el caso de la variedad NA56-42, se observa en la Figura 19, que el material proveniente de Plántulas *In vitro* obtuvo la menor producción de semilla de calidad, esto fue estadísticamente significativo con respecto al material proveniente de esquejes seleccionados y sin tratar térmicamente, y de la semilla sin seleccionar proveniente de una plantación comercial (Testigo absoluto). Lo cual genera cierta duda, ya que se esperaba que el Testigo absoluto no presentara buenas características en la producción de semilla. Esta hipótesis se cumplió a lo largo del desarrollo del experimento en las evaluaciones; donde en el caso de la germinación a los 50 días y la población a los cinco meses y medio, se obtuvieron los menores resultados en el tratamiento del Testigo absoluto para ambas variedades.

Una posible causa de la buena respuesta en la producción de semilla del Testigo absoluto de la variedad NA56-42, podría deberse a la procedencia del material, ya que aunque no se seleccionó la semilla en búsqueda de sanidad fitosanitaria y características deseables de calidad, esta provenía de una plantación comercial, pero con buenas características (edad, grosor, sanidad) y debido a la escasez en la disponibilidad de material vegetativo esta fue empleada en el ensayo.

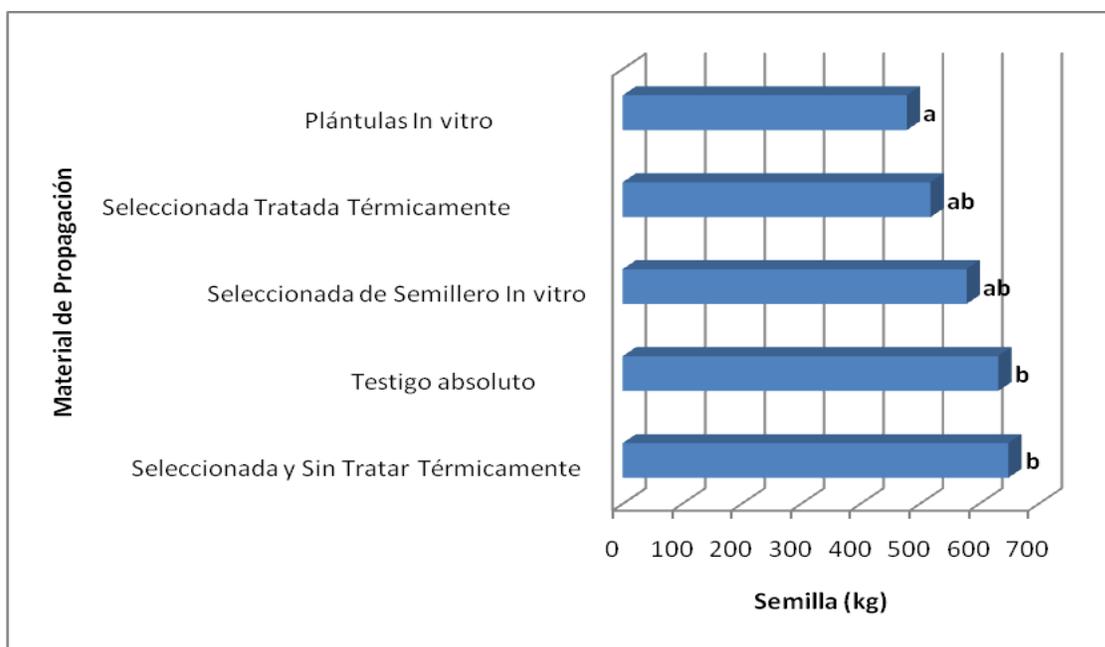


Figura 19. Cosecha de semilla de calidad de la variedad NA56-42. CATSA, 2009.

Como se observa en el Cuadro 10, la semilla cosechada en la variedad NA56-42, presentó problemas con la calidad del material vegetativo en algunos tratamientos, principalmente en el tratamiento de Plántulas *In vitro*, donde existió 55 kg que fueron rechazados, al ser categorizados como no óptimos para utilizarse en futuras siembras, al no cumplir con criterios de calidad.

Cuadro 10. Cantidad de semilla cosechada de la variedad NA56-42, de acuerdo al tipo de material vegetativo utilizado como semillero. CATSA, 2009.

Material Propagación NA56-42	Kilogramos		Porcentaje (%)	
	Total	Calidad	Total	Calidad
Seleccionada y Sin Tratar Térmicamente	661,75	649	100	100
Testigo absoluto	639,25	632,5	97	97
Seleccionada de Semillero <i>In vitro</i>	593,5	579	90	89
Plántulas <i>In vitro</i>	533,75	478,5	81	74
Seleccionada Tratada Térmicamente	518,5	518,5	78	80

Además en la Figura 20 y en el Cuadro 10, se observa que al parecer el tratamiento de Plántulas *In vitro* presenta una mayor producción de semilla (533 kg), con respecto al material proveniente de semilla Seleccionada y Tratada Térmicamente (518 kg), sin embargo al seleccionarse la semilla y descartar los esquejes que no cumplen con los criterios de calidad, se observa que el material originado del tratamiento térmico produjo más semilla de calidad (518 kg), con respecto al tratamiento de plántulas *In vitro* (478 kg). Aunque esto no fue estadísticamente significativo, si resalta la importancia de separar la semilla entre calidad y rechazo a la hora de la cosecha.

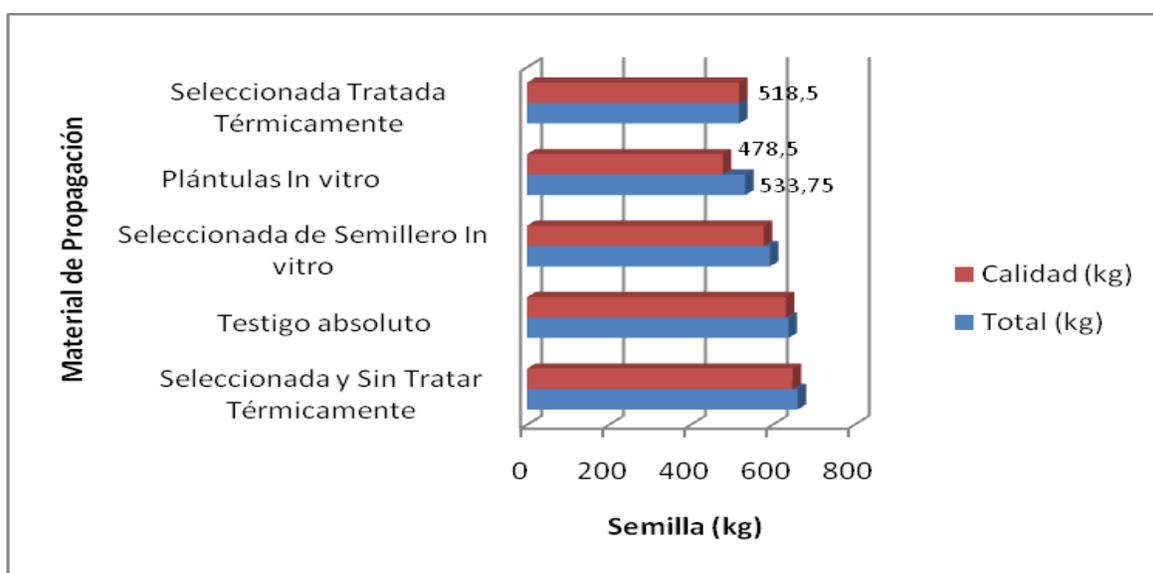


Figura 20. Cosecha de semilla de calidad y total de la variedad NA56-42. CATSA, 2009.

En la Figura 21, se observa el rendimiento agrícola del área de semillero, en donde se resalta una mayor producción de semilla por parte de la variedad NA56-42, esto en cualquier material de propagación, lo cual se debe a que existe un mayor macollamiento en la variedad NA56-42, con respecto a la variedad CP72-2086.

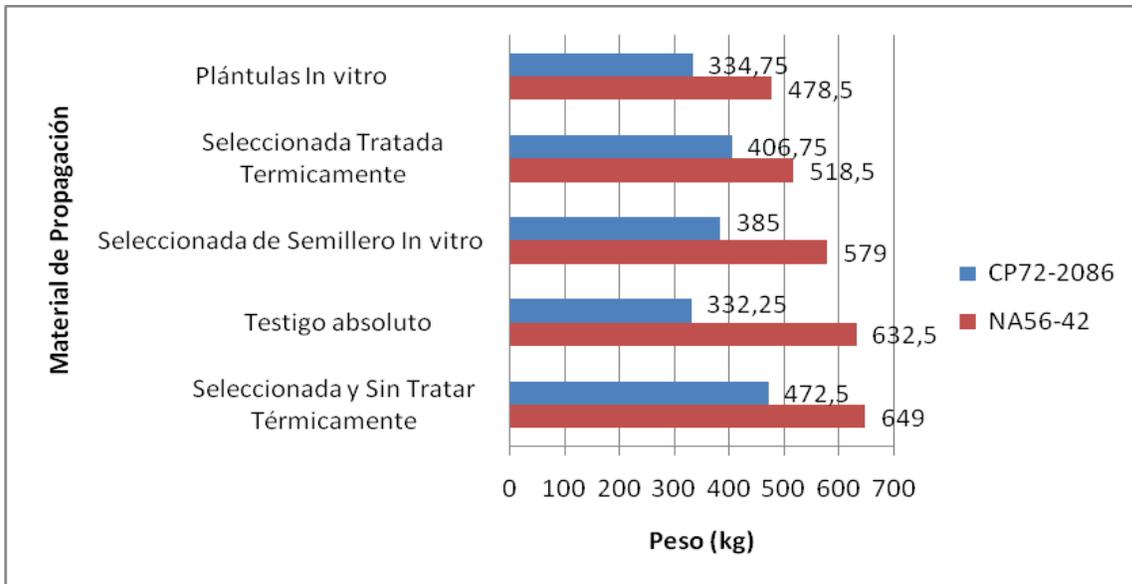


Figura 21. Comparación de Producción de semilla de calidad entre las dos variedades en estudio. CATSA, 2009.

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó esta investigación se concluye qué:

- En el caso de ambas variedades (CP72-2086, NA56-42), el seleccionar la semilla en busca de características de buena calidad (sin enraizamiento previo de la yemas, rajaduras del tallo, ataque de plagas, etc.), permite obtener una mayor germinación.
- Las yemas de la variedad NA56-42 se ven afectadas por el tratamiento térmico empleado en la investigación, reduciéndose con ello la germinación de tallos/m, afectación que no se presentó en la variedad CP72-2086.
- El efecto de la termoterapia es diferente entre las variedades evaluadas (CP72-2086, NA56-42), debido a la variabilidad entre ellas con respecto a las características morfológicas.
- En ambas variedades el material proveniente de Plántulas *In vitro*, obtuvo un excelente éxito de establecimiento.
- La altura de los tallos es genéticamente estable y poco susceptible a sufrir alteraciones por efecto del origen del material de propagación, esto se presentó en ambas variedades.
- El Testigo absoluto, fue el que presentó un mayor diámetro del tallo, superando estadísticamente en ambas variedades (CP72-2086, NA56-42) al material proveniente de Plántulas *In vitro*, esto debido a la menor población de tallos/m que existían en las parcelas del tratamiento del Testigo absoluto.
- En el caso de ambas variedades (CP72-2086, NA56-42), el seleccionar la semilla en busca de características de buena calidad permite obtener una mayor población de tallos, a los cinco meses y medio de edad.

- La variedad NA56-42, posee una mayor capacidad de macollamiento, con respecto a la variedad CP72-2086, esto se debe a la variabilidad genética existente entre ambas variedades.
- El Testigo absoluto de la variedad CP72-2086, presentó el menor rendimiento en la producción de semilla, comprobando el carácter positivo de seleccionar el material propagativo a sembrar.
- La presencia de raíces adventicias o temporales en los esquejes de semilla, es una de las características negativas que más afectó la calidad del material de propagación; esto principalmente en el tratamiento proveniente de un Semillero *In vitro* de la variedad CP72-2086 y en el tratamiento proveniente de plántulas *In vitro* de la variedad NA56-42.
- En el caso de la variedad NA56-42, los materiales provenientes de esquejes Seleccionados y Sin Tratar Térmicamente, y de semilla sin seleccionar originada de una plantación comercial (Testigo absoluto), obtuvieron mejor rendimiento agrícola con respecto al material proveniente de Plántulas *In vitro*.
- Una posible causa de la buena respuesta en la producción de semilla del Testigo absoluto de la variedad NA56-42, podría deberse al origen del material, ya que provenía de una plantación comercial, pero con buenas características (edad, grosor, sanidad).
- El rendimiento agrícola de la variedad NA56-42, fue superior con respecto al de la variedad CP72-2086, esto en cualquier material de propagación, lo cual se debe a que existe un mayor macollamiento en la variedad NA56-42.

6. RECOMENDACIONES

- Contabilizar la cantidad de yemas que se siembran por parcela, con el fin de homogenizar todos los tratamientos.
- En el caso de la variedad NA56-42, se deben valorar diferentes tratamientos con agua caliente; donde se contemple un menor tiempo o temperatura del tratamiento, o un pre tratamiento de los esquejes. Esto con el fin de lograr el objetivo de inactivar los patógenos, para evitar que las yemas pierdan la viabilidad o vigor para germinar.
- Realizar las pruebas serológicas para patógenos que ocasionan enfermedades importantes como es *Leifsonia xili* y *Xanthomonas albilineans*, con el fin de comprobar el estado sanitario de la semilla, de acuerdo a los diferentes orígenes o tratamientos del material vegetativo.
- Capacitar a los productores de Caña de azúcar en el conocimiento de la importancia del establecimiento de semilleros con material propagativo de calidad que aseguren la viabilidad de las plantaciones comerciales a lo largo del ciclo productivo.
- Realizar ensayos que perfeccionen la metodología del tratamiento con agua caliente de la semilla, ya que no todas las variedades presentan las mismas características morfológicas y por ende responden de diferente manera al tratamiento.
- Implementar un programa de manejo integrado de semilleros, donde se incluya la opción de tratar con agua caliente a los esquejes provenientes de un semillero *In vitro*, para continuar con el proceso de inactivación de los patógenos. Claro respaldado por investigaciones, ya que de acuerdo con los resultados para la variedad NA56-42, no sería conveniente el programa y por el contrario para la variedad CP72-2086, si es útil.

- Repetir dicha investigación, dándole un seguimiento al rendimiento agroindustrial del material proveniente de los semilleros, al menos en caña planta, o de ser posible también socas.
- Es importante realizar investigaciones similares con otras variedades de importancia económica para la región o el Ingenio de caña de azúcar. En el caso de CATSA, se puede implementar una investigación con las variedades SP70-1284 y B80-689.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Alfaro, R; Chavarría, E; Bolaños, J; Angulo, A; Conejo, A. 2003. Estudio comparativo del tratamiento hidrotérmico de yemas y esquejes para el control del raquitismo (*Leifsonia xyli*) en tres variedades comerciales de caña de azúcar en el ingenio Taboga, Guanacaste. ATACORI. Memorias. 3-5 Septiembre, 2003. p. A139-A146 Guanacaste, Costa Rica. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, 15.
2. Alfaro, R; Chavarría, E; Chaves, M. 2007. PROTOCOLO: Recomendaciones Técnicas para el Establecimiento y Manejo de Semilleros Básicos de Caña de Azúcar en Costa Rica. Grecia, Costa Rica, noviembre. LAICA-DIECA. 22 p.
3. Aponte, Q. 1994. Caracterización morfológica de quince variedades de Caña de Azúcar de importancia económica en Costa Rica. Informe como requisito para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo, grado bachiller. San Carlos, CR. ITCR. 45 p.
4. Araya, A. 1999. Diagnóstico del manejo del cultivo de Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) en la Región Huetar Norte de Costa Rica. Informe como requisito para optar al Título de Ingeniero Agrónomo, grado bachiller. San Carlos, CR. ITCR. 99 p.
5. CATSA. 2004. CATSA en la Agroindustria Azucarera de Costa Rica. Boletín Informativo de la Gerencia Agrícola N° 3, agosto 2004. Liberia, CR. 3 p.
6. Chacón, G. 1999. Manejo agronómico del cultivo de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) y prueba preliminar de tratamiento térmico y su efecto sobre el establecimiento de algunas variedades de Caña en el Ingenio Quebrada Azul, San Carlos, Costa Rica. Informe como requisito para optar al Título de Ingeniero Agrónomo, grado bachiller. San Carlos, CR. ITCR. 47 p.

7. Chavarría, E. 2005. Informe de resultados: Detección de *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*. Grecia, Costa Rica, noviembre. DIECA-CATSA. 3 p.
8. Chavarría, E. 2006. Informe de resultados: Detección de *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*. Grecia, Costa Rica, enero. DIECA-CATSA. 4 p.
9. Chavarría, E. 2008. Ensayo para la Evaluación de Fuentes de Material para Semilla. CATSA, Liberia, Guanacaste. 2007. (escrita). DIECA-LAICA, Grecia, Costa Rica.
10. Chavarría, E; Bolaños, J; Angulo, A; Rojas, A; Conejo, A. 2006. Evaluación del efecto de la aplicación secuencial del tratamiento hidro-térmico de la semilla de cuatro variedades de caña de azúcar en Cañas, Guanacaste. ATACORI. Memorias. 1-4 Agosto, 2006. Tomo II, p. 638-696. Guanacaste, Costa Rica. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, 16.
11. Chaves, M; Rodríguez, M; Alfaro, R; Rodríguez, J; Villalobos, C; Barrantes, J; Angulo, A y Calderón, G. 1999. Actualidad de las variedades de caña de azúcar cultivadas comercialmente en Costa Rica durante 1998. XI Congreso Nacional Agronómico 1999. Grecia, Costa Rica. DIECA-LAICA. 2 p. Consultado 30 de mar 2009. Disponible en: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_XI/a50-6907-II_243.pdf.
12. Comparni, S. 2006. Evaluación de variedades de Caña de Azúcar (*Sacharum spp*) en el Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa. Trabajo de Graduación. Universidad de San Carlos de Guatemala. 150 p. Consultado 30 de mar 2009. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2285.pdf.
13. Duran, J y Chaves, M. 1996. Situación actual de las principales enfermedades de la caña de azúcar en Costa Rica. Grecia, Costa Rica. LAICA-DIECA.

14. González, V. 1986. Semilleros de Caña de azúcar. FONIAP divulga, colección N° 20. Ene-Mar. 1986. Consultado 20 abr. 2008. Disponible en www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/fd20/texto/semilleros.htm.
15. Jiménez, L y Fernández, B. 1987. Distribución, incidencia y comparación fenotípica de cepas de *Clavibacter xyli*, causante del raquitismo del retoño de la caña de azúcar en Costa Rica. Agronomía Costarricense. p.103-108.
16. MAG. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Publicaciones agrícolas MAG. San José, Costa Rica. 560 p.
17. Sousa, O; Rea, R. 1993. Correlación entre los componentes de rendimiento y calidad en cinco cultivares híbridos de caña de azúcar. 7 p. Consultado 10 nov. 2009. Disponible en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/canadeazucar/cana1101/texto/correlacion.htm
18. Subirós, F. 1995. El cultivo de la Caña de Azúcar. Editorial Universidad Estatal a Distancia EUNED. San José. Costa Rica. 441 p.
19. Victoria, J; Guzmán, M; Angel, J. 1995. Enfermedades de la caña de azúcar en Colombia. En: CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA, p.265-293.
20. Victoria, J. 1994. Escaldadura de la hoja en Colombia: Situación, prevención y control. CENICAÑA. Serie divulgativa N° 5. Cali, Colombia, noviembre. 4 p. Consultado 10 mar. 2008. Disponible en http://www.cenicana.org/pdf/serie_divulgativa/sd_05/sd_05.pdf
21. Victoria, J; Guzmán, L; Cuervo, E; Lockhart, B. 1999. Síndrome de la hoja amarilla en Colombia. CENICAÑA. Serie divulgativa N° 7. Cali, Colombia, junio. 4 p. Consultado 11 mar. 2008. Disponible en http://www.cenicana.org/pdf/serie_divulgativa/sd_07/sd_07.pdf

8. ANEXOS

Anexo 1. Pruebas de análisis de varianza y de diferencias entre medias significativas, efectuadas para la variable germinación absoluta. (Infostat 1.1)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Germinación (tallos/m)	32	0,89	0,81	15,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	2094,25	13	161,1	11,35	<0,0001
Bloque	26,68	3	8,89	0,5	0,7075
Variedad	7,9	1	7,9	0,45	0,5523
Variedad*Bloque	53,22	3	17,74	1,25	0,3212
Mat de Propagación	1157,57	3	385,86	27,18	<0,0001
Variedad*Mat de Propa..	848,88	3	282,96	19,93	<0,0001
Error	255,52	18	14,2		
Total	2349,77	31			

Análisis de varianza de la variedad CP72-2086

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CP72-2086	Germinación (tallos/m)	16	0,93	0,89	14,2

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	1492,96	6	248,83	21,36	0,0001
Bloque	75,18	3	25,06	2,15	0,1637
Material Propagación	1417,77	3	472,59	40,57	<0,0001
Error	104,83	9	11,65		
Total	1597,79	15			

Prueba de diferencias entre medias Tukey.

Material propagación variedad CP72-2086	Medias (tallos/m)	
Testigo Absoluto	7,85	a
Seleccionada y sin tratar termicamente	27,95	b
Seleccionada de semillero In Vitro	29,21	b
Seleccionada y tratada termicamente	31,13	b

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Análisis de varianza de la variedad NA56-42

Variedad	Variable	N	R²	R² Aj	CV
NA56-42	Germinación (tallos/m)	16	0,8	0,66	16,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	593,45	6	98,91	5,91	0,0094
Bloque	4,79	3	1,6	0,1	0,9606
Material Propagación	588,66	3	196,22	11,72	0,0018
Error	150,65	9	16,74		
Total	744,1	15			

Prueba de diferencias entre medias Tukey.

Material propagación variedad NA56-42	Medias (tallos/m)	
Seleccionada y tratada Termicamente	17,27	a
Testigo Absoluto	22,43	ab
Seleccionada y sin tratar termicamente	26,57	bc
Seleccionada de semillero In Vitro	33,85	c

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Anexo 2. Pruebas de análisis de varianza y de diferencias entre medias significativas, efectuadas para la variable Población. (Infostat 1.1)

Variable	N	R²	R² Aj	CV
Población (tallos/m)	120	0,74	0	26,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1383,46	95	14,56	0,71	0,8742
Bloque	27,49	3	9,16	4,89	0,1126
Variedad	190,01	1	190,01	101,34	0,0021
Variedad*Bloque	5,63	3	1,88	0,09	0,9639
Material Propagación	327,22	4	81,8	4	0,0127
Variedad*Material Pro..	91,12	4	22,78	1,11	0,3734
Bloque*Variedad*Mater..	742	80	9,28	0,45	0,9954
Error	491,13	24	20,46		
Total	1874,59	119			

Prueba de diferencias entre medias Tukey.

Variedad	Material Propagación	Medias (tallos/m)	
CP72-2086	Testigo absoluto	12,08	a
CP72-2086	Seleccionada y tratada Termicamente	15,33	ab
NA56-42	Testigo absoluto	16	ab
CP72-2086	Seleccionada y sin tratar termicamente	16,08	ab
CP72-2086	Plántulas <i>In vitro</i>	16,83	ab
NA56-42	Semillero <i>In vitro</i>	18,17	ab
NA56-42	Seleccionada y Tratada Termicamente	18,58	b
CP72-2086	Semillero <i>In vitro</i>	19,08	b
NA56-42	Seleccionada y sin tratar termicamente	19,42	b
NA56-42	Plántulas <i>In vitro</i>	19,83	b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Anexo 3. Pruebas de análisis de varianza y de diferencias entre medias significativas, efectuadas para la variable Grosor de los tallos. (Infostat 1.1)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grosor (cm)	357	0,86	0	18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	29,13	333	0,09	0,42	0,9996
Bloque	0,97	3	0,32	1,12	0,4638
Variedad	0,53	1	0,53	1,85	0,267
Variedad*Bloque	0,86	3	0,29	1,38	0,2739
Material Propagación	8,43	4	2,11	10,09	0,0001
Variedad*Material Pro..	2,53	4	0,63	3,03	0,0383
Bloque*Variedad*Mater..	15,81	318	0,05	0,24	>0,9999
Error	4,8	23	0,21		
Total	33,93	356			

Análisis de varianza de la variedad CP72-2086

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CP72-2086	Grosor (cm)	177	0,86	0	19,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F
Modelo	16,61	165	0,1	0,42
Bloque	0,31	3	0,1	0,44
Material Propagación	8,5	4	2,13	8,81
Bloque*Variedad*Mater..	7,8	158	0,05	0,2
Error	2,65	11	0,24	
Total	19,26	176		

Prueba de diferencias entre medias Tukey.

Grosor variedad CP72-2086	Medias (cm)
Seleccionada de semillero In Vitro	2,34 a
Plántulas In Vitro	2,41 a
Seleccionada y sin tratar termicamente	2,56 ab
Seleccionada y tratada termicamente	2,64 ab
Testigo Absoluto	2,98 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Análisis de varianza de la variedad NA56-42

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NA56-42	Grosor (cm)	180	0,85	0	16,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,99	167	0,07	0,4	0,9951
Bloque	1,52	3	0,51	2,84	0,0829
Material Propagación	2,46	4	0,61	3,42	0,0435
Bloque*Variedad*Mater..	8,01	160	0,05	0,28	0,9999
Error	2,15	12	0,18		
Total	14,14	179			

Prueba de diferencias entre medias Tukey.

Grosor variedad NA56-42	Medias (cm)
Plántulas In Vitro	2,3 a
Seleccionada y tratada termicamente	2,48 ab
Seleccionada de semillero In Vitro	2,5 ab
Seleccionada y sin tratar termicamente	2,59 ab
Testigo Absoluto	2,64 b

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Anexo 4. Pruebas de análisis de varianza y de diferencias entre medias significativas, efectuadas para la variable altura de los tallos. (Infostat 1.1)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura (m)	360	0,75	0	15,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,2	335	0,02	0,22	>0,9999
Bloque	0,1	3	0,03	0,78	0,5799
Variedad	0,53	1	0,53	12,32	0,0392
Variedad*Bloque	0,13	3	0,04	0,39	0,7642
Material Propagación	1,66	4	0,42	3,7	0,0175
Variedad*Material Pro..	1,4	4	0,35	3,12	0,0337
Bloque*Variedad*Mater..	4,37	320	0,01	0,12	>0,9999
Error	2,7	24	0,11		
Total	10,9	359			

Análisis de varianza de la variedad CP72-2086

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CP72-2086	Altura (m)	180	0,71	0	19,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,59	167	0,03	0,18	>0,9999
Bloque	0,22	3	0,07	0,39	0,7612
Material Propagación	2,99	4	0,75	3,98	0,0279
Bloque*Material Propa..	2,39	160	0,01	0,08	>0,9999
Error	2,25	12	0,19		
Total	7,85	179			

Prueba de diferencias entre medias Tukey.

Altura variedad CP72-2086	Medias (m)
Plántulas In vitro	2,05 a
Testigo Absoluto	2,11 a
Seleccionada de semillero In Vitro	2,12 a
Seleccionada y tratada termicamente	2,34 a
Seleccionada y sin tratar termicamente	2,36 a

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Análisis de varianza de la variedad NA56-42

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NA56-42	Altura (m)	180	0,82	0	8,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,07	167	0,01	0,33	0,9992
Bloque	0,01	3	0,0035	0,1	0,9612
Material Propagación	0,08	4	0,02	0,52	0,7255
Bloque*Material Propa..	1,98	160	0,01	0,33	0,9992
Error	0,45	12	0,04		
Total	2,52	179			

Prueba de diferencias entre medias Tukey.

Altura variedad NA56-42	Medias (m)
Seleccionada y tratada termicamente	2,25 a
Testigo Absoluto	2,25 a
Seleccionada de semillero In Vitro	2,26 a
Plántulas In vitro	2,28 a
Seleccionada y sin tratar termicamente	2,31 a

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Anexo 5. Pruebas de análisis de varianza y de diferencias entre medias significativas, efectuadas para la variable peso de semilla Total. (Infostat 1.1)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso Total (kg)	40	0,9	1	10,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	517318,08	15	34487,87	14,22	<0,0001
Bloque	2307,48	3	769,16	0,29	0,829
Variedad	387105,63	1	387105,63	148,13	0,0012
Variedad*Bloque	7839,88	3	2613,29	1,08	0,3773
Material Propagación	80382,35	4	20095,59	8,29	0,0002
Variedad*Material Pro..	39682,75	4	9920,69	4,09	0,0114
Error	58196,9	24	2424,87		
Total	575514,98	39			

Análisis de varianza de la variedad CP72-2086

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CP72-2086	Peso Total (kg)	20	0,66	0,47	13,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	65702,4	7	9386,06	3,38	0,031
Bloque	9077,6	3	3025,87	1,09	0,3904
Material Propagación	56624,8	4	14156,2	5,1	0,0123
Error	33286,4	12	2773,87		
Total	98988,8	19			

Prueba de diferencias entre medias Tukey.

Semilla Total Variedad CP72-2086	Medias (kg)
Testigo Absoluto	332,25 a
Plántula In Vitro	334,75 a
Seleccionada y tratada termicamente	406,75 ab
Seleccionada de semillero In Vitro	416,75 ab
Seleccionada y sin tratar termicamente	472,5 b

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Análisis de varianza de la variedad NA56-42

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NA56-42	Peso Total (kg)	20	0,72	0,56	7,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	64510,05	7	9215,72	4,44	0,0118
Bloque	1069,75	3	356,58	0,17	0,9134
Material Propagación	63440,3	4	15860,08	7,64	0,0027
Error	24910,5	12	2075,88		
Total	89420,55	19			

Prueba de diferencias entre medias Tukey

Semilla Total Variedad NA56-42	Medias (kg)
Seleccionada y tratada termicamente	518,5 a
Plántula In Vitro	533,75 a
Seleccionada de semillero In Vitro	593,5 a.b
Testigo Absoluto	639,25 b
Seleccionada y sin tratar termicamente	661,75 b

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Anexo 6. Pruebas de análisis de varianza y de diferencias entre medias significativas, efectuadas para la variable de semilla de calidad. (Infostat 1.1)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Calidad (kg)	40	0,85	1	12,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	499394,08	15	33292,94	9,41	<0,0001
Bloque	3699,47	3	1233,16	0,27	0,8463
Variedad	343175,63	1	343175,63	74,41	0,0033
Variedad*Bloque	13836,47	3	4612,16	1,3	0,2962
Material Propagación	97677,25	4	24419,31	6,9	0,0008
Variedad*Material	41005,25	4	10251,31	2,9	0,0434
Pro..					
Error	84918,3	24	3538,26		
Total	584312,38	39			

Análisis de varianza de la variedad CP72-2086

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CP72-2086	Calidad (kg)	20	0,61	0,38	15,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	65568,25	7	9366,89	2,67	0,0647
Bloque	11851,75	3	3950,58	1,13	0,3771
Material Propagación	53716,5	4	13429,13	3,83	0,0313
Error	42071,5	12	3505,96		
Total	107639,75	19			

Prueba de diferencias entre medias Tukey.

Semilla de calidad variedad CP72-2086	Medias (kg)
Testigo Absoluto	332,25 a
Plántula In Vitro	334,75 a
Seleccionada de semillero In Vitro	385 ab
Seleccionada y tratada Termicamente	406,75 ab
Seleccionada y sin tratar termicamente	472,5 b

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,01)

Análisis de varianza de la variedad NA56-42

Variedad	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NA56-42	Calidad (kg)	20	0,68	0,49	10,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	90650,2	7	12950,03	3,63	0,0245
Bloque	5684,2	3	1894,73	0,53	0,6698
Material Propagación	84966	4	21241,5	5,95	0,0071
Error	42846,8	12	3570,57		
Total	133497	19			

Prueba de diferencias entre medias Tukey.

Semilla de calidad variedad NA56-42	Medias (kg)	
Plántula In Vitro	478,5	a
Seleccionada y tratada Termicamente	518,5	ab
Seleccionada de semillero In Vitro	579	ab
Testigo Absoluto	632,5	b
Seleccionada y sin tratar termicamente	649	b

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

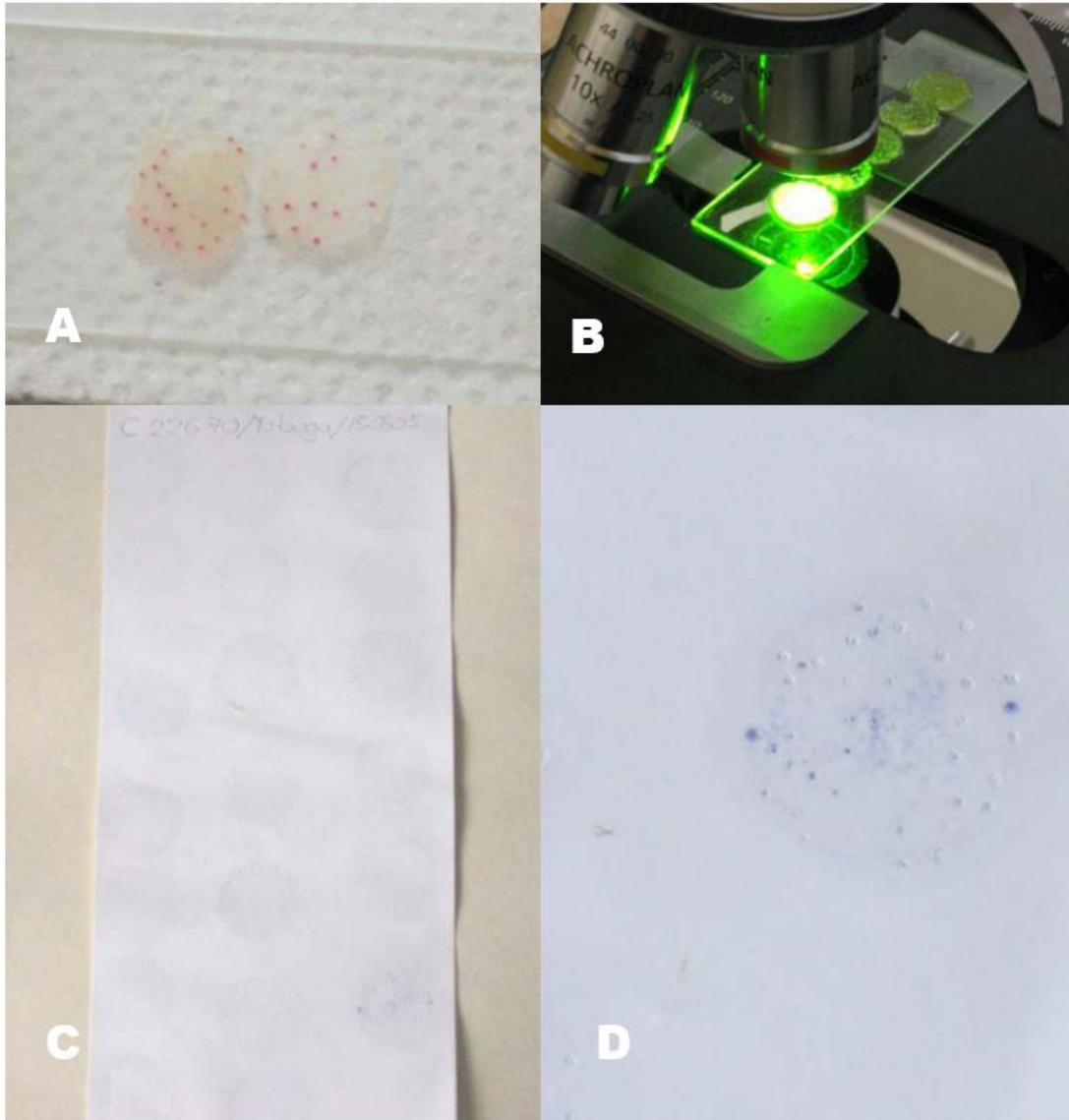
Anexo 7. Informe de resultados sobre la detección de *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*. en algunos lotes del Ingenio CATSA, durante el primer periodo del 2005.

11 de Enero del 2005						
CP 72-2086						
FINCA	Nº MUESTRAS EVALUADAS	Nº HACES VASCULARES			PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN	
		Limpios	Colonizados	Total		
CATSA, Coyolar, caña planta 9 meses		SANA				
Tallos evaluados						20
INCIDENCIA PROMEDIO*:		0% de los tallos afectados				
SEVERIDAD PROMEDIO**:		0% de los haces vasculares colonizados				
NA 56-42						
FINCA	Nº MUESTRAS EVALUADAS	Nº HACES VASCULARES			PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN	
		Limpios	Colonizados	Total		
CATSA, Moral, caña planta 12 meses		25	1	26	3,85	
Tallos evaluados						20
INCIDENCIA PROMEDIO*:		5% de los tallos afectados				
SEVERIDAD PROMEDIO**:		4% de los haces vasculares colonizados				

B 80-689					
FINCA	Nº MUESTRAS EVALUADAS	Nº HACES VASCULARES			PORCENTAJE DE
		Limpios	Colonizados	Total	COLONIZACIÓN
CATSA, Moral, caña planta 12 meses		22	1	23	4,35
		21	6	27	22,22
Tallos evaluados					20
INCIDENCIA PROMEDIO*:		10% de los tallos afectados			
SEVERIDAD PROMEDIO**:		13% de los haces vasculares colonizados			
B 80-689					
FINCA	Nº MUESTRAS EVALUADAS	Nº HACES VASCULARES			PORCENTAJE DE
		Limpios	Colonizados	Total	COLONIZACIÓN
CATSA, Achotal 1, caña planta 8 meses		18	1	19	5,26
Tallos evaluados					20
INCIDENCIA PROMEDIO*:		5% de los tallos afectados			
SEVERIDAD PROMEDIO**:		5% de los haces vasculares colonizados			

*Relación porcentual de tallos afectados entre tallos totales en la muestra o el lote evaluado.

Fuente: Informe de resultados: Detección de *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*. (Chavarría 2006).



Fuente: Informe de resultados: Detección de *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*. (Chavarría 2006).

A) Tinción de los haces vasculares con Safranina O (THV). B) Observación por autofluorescencia directa (MAFD). C) y D) Impresiones en membranas de nitrocelulosa (Tissue Blot), donde la coloración azul corresponde a una muestra positiva.

Figura 22. Métodos utilizados para detectar la presencia de la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*.