

Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Agrónomo.



Título: Evaluación de la variable tiempo de reposo después del remojo, en el porcentaje de brotación de la semilla de caña de azúcar (*Saccharum spp*).



Autor. Camilo Sanabria Velázquez.

**Tutor. MSc. Oscar J. Suárez
Benítez.Consultante. Dr. Héctor Jorge**

RESUMEN.

Con el objetivo de evaluar el efecto variable tiempo de reposo después del remojo de la semilla de caña de azúcar (*Saccharum, spp*) se realizó una investigación en el Bloque Experimental de Espartaco, provincia Cienfuegos; perteneciente a la Estación Territorial de Investigaciones de Villa Clara, sobre suelos Sialitizados no cálcicos. Fueron estudiadas tres cultivares de caña de azúcar y cuatro tiempos de reposo a los que se denominó tratamientos (dos, cuatro, seis y cero horas de reposo). Se trabajó en 36 parcelas de 32 m² (surcos de 20 metros de largo x 1.60 metros) distribuidas en Bloques al Azar, con tres repeticiones. La semilla fue seleccionada a los 9 meses de edad, esquejes de tres yemas, 360 yemas por surco, 1080 yemas por tratamiento. La brotación y la población fueron evaluadas a los 60 días. La información generada se evaluó mediante análisis de varianza bi factorial, ($p \leq 0,05$) comparación de medias (Tukey 5 %). Se realizó análisis de regresión lineal entre las variables porcentaje de brotación y porcentaje de población, se utilizó el paquete estadístico Info Stat (2009). Los resultados informan: la brotación es una variable influenciada por características genéticas de las variedades, y condiciones que se le propicien, al detectarse diferencias estadísticas entre las variables variedades y tiempo de reposo y la interrelación entre ambas. El análisis de regresión ($R^2 = 0,8823$) demuestra la alta dependencia entre población y brotación. Se recomienda realizar nuevos estudios por ser el tiempo de reposo después del remojo, una variable muy poco estudiada.

Palabras claves.

Banco de Semilla, Tratamiento hidrotérmico, esquejes.

ÍNDICE.

<u>INTRODUCCIÓN</u>	3
<u>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</u>	5
<u>HIPÓTESIS</u>	6
<u>OBJETIVO GENERAL</u>	6
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	6
<u>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	7
<u>1.1. El cultivo de la caña de azúcar</u>	7
<u>1.2. Introducción de la caña de azúcar en Cuba</u>	8
<u>1.3. Clasificación taxonómica</u>	8
1.3.1 Descripción.....	8
<u>1.4. Morfología</u>	9
<u>1.4.1. La hoja</u>	9
<u>1.4.2. El tallo</u>	9
<u>1.4.3. Sistema radical</u>	9
1.4.4 La caña de azúcar y el medio ambiente	10
<u>1.5 Etapas fenológicas del cultivo</u>	10
1.5.1 Germinación o emergencia.....	11
1.5.2 Amacollamiento o Ahijamiento.....	11
1.5.3 Rápido crecimiento.....	11
1.5.4 Maduración.....	11
<u>1.6. Potencial de Productividad de la caña de azúcar</u>	12
<u>1.7 Manejo agronómico</u>	12
<u>1.7.1 Aptitud de las tierras</u>	13
1.7.2 Suelos recomendados.....	14

1.7.3 Preparación de suelos en la agricultura cañera cubana.....	15
1.7.4 Siembra o plantación de la caña de azúcar.....	16
1.7.5 Cultivo de desyerbe	17
1.8. Servicios Científicos- Técnicos.....	18
1.8.1 Servicio de Variedades y Semillas (SERVAS).....	18
1.8.2 Servicio fitosanitario (SERFIT).	19
1.8.3 Servicio de recomendaciones de fertilizantes y enmiendas (SERFE).....	20
1.8.4 Servicio de control integrado de malezas (SERCIM).....	20
<u>1.9. Produccion de semilla</u>	21
1.9.1 Categorías del programa de producción de semilla.....	22
1.10. Tratamiento hidrotérmico a la semilla de caña de azúcar	23
1.10.1 Tratamiento hidrotérmico.....	23
1.10.2 Calidad de la semilla post tratamiento térmico de la caña de azúcar	25
<u>2. MATERIALES Y MÉTODOS.</u>	26
<u>3.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</u>	27
<u>CONCLUSIONES.</u>	31
<u>RECOMENDACIONES.</u>	32
<u>BIBLIOGRAFÍA.</u>	33
<u>ANEXO</u>	

INTRODUCCIÓN.

La caña de azúcar es uno de los cultivos agroindustriales más importantes a nivel mundial. Está distribuida en más de 100 países sobre un área de 25 millones de hectáreas, fundamentalmente en las zonas tropicales y subtropicales, ocupa el duodécimo lugar en cuanto al área cultivada de un total de 161 cultivos en todo el mundo.(Burquiz, 2013)

Es una de las pocas especies capaces de producir la energía para su procesamiento y la mayor parte de su demanda de nutrientes, de defenderse de plagas y enfermedades, admitir prácticas de laboreo mínimo, conservar el suelo y superar a los bosques tropicales en la captura y secuestro de carbono, entre otras muchas bondades que la favorecen.(Cuéllar, 2003)

Es un cultivo de extraordinaria capacidad que, en buenas condiciones culturales, produce volúmenes superiores a las 100 t ha⁻¹ de tallos y si se incluyen las hojas y puntas, que no se emplean para la producción de azúcar, el volumen de biomasa vegetal se eleva en 20%.(Suárez, 2005)

La producción de azúcar de caña en el mundo y en particular en Cuba en los momentos actuales merece una valoración integral teniendo en cuenta los componentes ambiental, económico y social, como pilares fundamentales de la sostenibilidad.(Martínez, 2015)

En Cuba la caña de azúcar se encuentra distribuida a través de todo el territorio nacional y ocupa alrededor de 659167.5 hectáreas, según el censo anual de cultivos realizado por el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), lo que representa cerca del 40 % del área total cultivada. Los 11 cultivos que cubren más del 3% de la superficie cañera son:C86-12, C90-469, CP52-43, C323-68, C1051-73, C86-156, C86-56, C87-51, B80250, Co997 y C 86-503, ocupan 487103.0 hectáreas para el 73.9 % del área cañera nacional.(Mesa, 2019)

En la década de los 90 del siglo pasado los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar en Cuba se vieron muy deprimidos por una disminución muy marcada de importaciones de fertilizantes, herbicidas y combustible, principalmente. En la

actualidad los rendimientos están en el orden de las 50 t/ha⁻¹ en condiciones de secano(Álvarez, 2017)

La necesidad de alcanzar una producción eficiente de caña de azúcar, evaluada en contenido de azúcar por unidad de área, lleva implícita la urgencia de cambios en las prácticas agrícolas tradicionales. Por ello, la búsqueda de tecnologías más apropiadas para el incremento del rendimiento agrícola ha sido siempre preocupación de los productores e investigadores.(Bolaños, 2015)

Son varios los autores que citan como componente del rendimiento agrícola en el cultivo de la caña de azúcar la distancia de plantación entre hileras y cantidad de yemas por metro lineal, esta última variable está sujeta a la calidad de la simiente que se utilice al momento de la plantación.(Scandaliaris, 2008)

El éxito de un buen cultivo depende, de la calidad de la semilla, su poder germinativo y uniformidad en la brotación. En el caso de la caña de azúcar, este se obtiene cuando la semilla se extrae de semilleros certificados, es decir de semilleros libres de enfermedades y plagas. (Romero, 2009)

Una industria de semilla fuerte es fundamental para el abastecimiento de material de propagación de alta calidad a los productores y para el desarrollo perspectivo del sector agropecuario. Es por ello que en muchos países se otorga prioridad a las propuestas de programas y proyectos diseñados para producción de semillas de calidad. (Álvarez, 2017)

La alta calidad de la semilla es un factor muy importante ya que es determinante en el desarrollo del cultivo y en su producción final. Un cultivo comercial desde un inicio debe recibir un manejo adecuado, iniciando con la selección de la semilla de alta pureza genética de la variedad, libre de plagas y enfermedades, yemas sanas, funcionales y de buen vigor. (INICA, 2018)

Las plantaciones establecidas con semilla de mala calidad se inician con fallas de germinación que se reflejarán en la población final. Asimismo, permiten la diseminación de enfermedades virales (mosáico), bacterianas como la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*) y el raquitismo de las socas o

fungosas sistémicas como el carbón de la caña de azúcar (*Ustilago scitaminea*). (Vera, 2013)

Es indiscutible que todos estos y otros factores generados por la mala calidad del material vegetativo que se utiliza para la plantación, determinan una reducción significativa de la productividad.(Hernández,2018)

Disponer de semilla categorizada de caña de azúcar es costoso, pero el uso de semilla certificada, garantiza pureza varietal, y un buen comportamiento fitosanitario, principalmente para controlar enfermedades graves que se transmiten a través de la misma, traducándose indudablemente en mayores beneficios económicos para las empresas azucareras, ya que además de mejorar la productividad por año extiende la vida útil del cultivo.(Cabezas, 2018)

El tratamiento hidrotérmico es el método más usado para desinfectar semilla de caña de azúcar. Este tratamiento resulta muy eficaz en el control de bacterias, agente causal del raquitismo de las socas(RSD), enfermedad ampliamente distribuida en todas las zonas cañeras.(Chinea, 2013)

La brotación es una variable distintiva que define la cantidad de yemas por metro lineal que pueden llegar a constituir un tallo, todo este proceso es la actividad más costosa que tiene el cultivo de la caña de azúcar(la siembra), y está directamente relacionada con el rendimiento agrícola por su relación directa con la población. (Noriega, 2019)

En Cuba y en el mundo no hay evidencias demostradas hasta el presente, que el tiempo de reposo después del remojo de la simiente de caña de azúcar previo al tratamiento hidrotérmico, tenga relación con el comportamiento de la brotación de semilla de caña de azúcar.

Por tales razones se plantea como **problema de investigación:**

No existen estudios, que demuestren la influencia que puede ejercer la variable tiempo de reposo, variable variedades, y la interrelación entre ambas, en el porcentaje de la brotación, después del remojo,previo al tratamiento hidrotérmico de la caña de azúcar.

HIPÓTESIS

El estudio de la variable tiempo de reposo, variable variedades, y la posible interrelación entre ambas, después del remojo, previo al tratamiento hidrotérmico, podrá mejorar la brotación de la semilla de caña de azúcar, contribuyendo al aumento de la población, para lograr rendimientos agrícolas superiores.

OBJETIVO GENERAL.

- ✓ Evaluar el efecto variable tiempo de reposo después del remojo, previo al tratamiento hidrotérmico, en el porcentaje de brotación de la semilla, en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✓ Determinar el comportamiento de la brotación en diferentes tiempos de reposo, después del remojo, previo al tratamiento hidrotérmico, en tres variedades de caña de azúcar y su posible interrelación.
- ✓ Evaluar económicamente los resultados obtenidos.

Aportes de la Investigación.

Económico.

El incremento de la brotación al determinar el tiempo de reposo más adecuado puede incrementar la población contribuyendo a elevar el rendimiento agrícola en el cultivo de la caña de azúcar.

Medioambiental.

Toda política relacionada con el incremento de la producción de biomasa trae consigo una repercusión ambiental importante. Incrementar el área dedicada a la producción de caña de azúcar permite por cada hectárea plantada captar aproximadamente 80 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) (Cuellar *et al*, 2009) de esta forma se estaría contribuyendo a la disminución del calentamiento global y a la disminución del deterioro de la capa de ozono (O₃) que protege nuestro planeta de los rayos ultravioleta.

1.0 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

1.1. El cultivo de la caña de azúcar.

La caña de azúcar en los momentos actuales adquiere mayor importancia; cada vez son mayores sus potencialidades, por la gran cantidad de alimentos que de la misma se extraen, por vía directa e indirecta, a través del producto principal y sus derivados, razón por la que constituye una de las principales fuentes de ingreso de los países en desarrollo. (Baron, 2008)

Dentro de los principales bienes agropecuarios la caña de azúcar supera los 1 700 millones de toneladas, (Figura 1) superando en el doble las producciones de maíz y arroz a nivel mundial. (Guillén, 2017). El 75% de estas producciones mundiales de azúcar se concentran en orden decreciente en Brasil, India, China, Tailandia, Estados Unidos, México, Australia. (FAO, 2015)

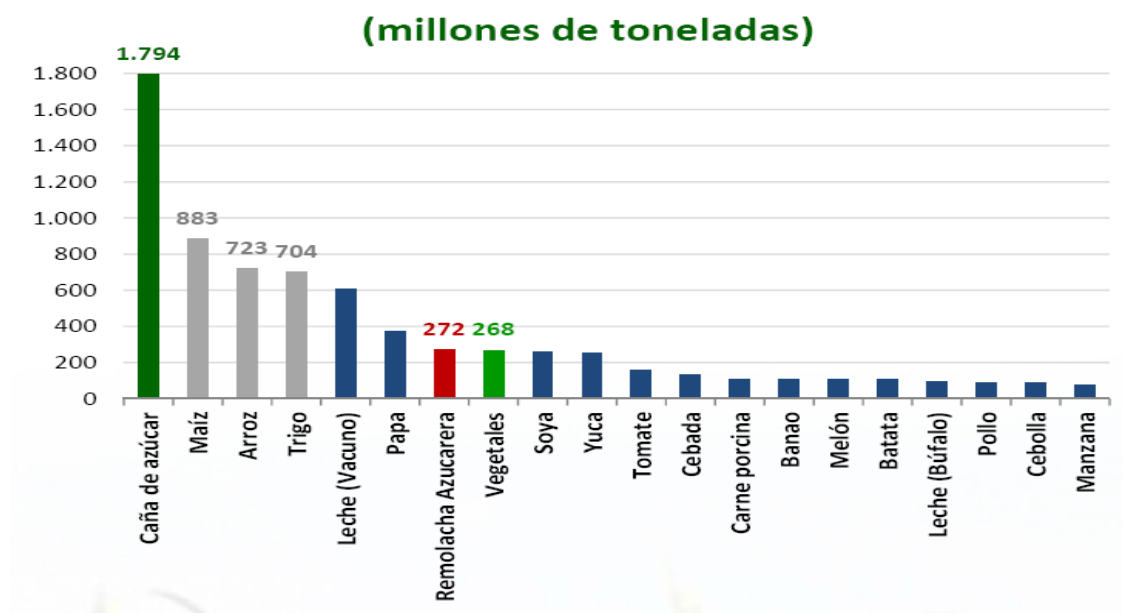


Figura 1. Producción mundial de bienes agropecuarios (2015).

1.2. Introducción de la caña de azúcar en Cuba.

La caña de azúcar, planta del género *Saccharum*, familia *Poacea*, es una planta proveniente del sureste asiático. La expansión musulmana supuso la introducción

de la planta en territorios donde hasta entonces no se cultivaba. Así llegó al continente europeo, más en concreto, a la zona costera entre las ciudades de Málaga y Motril, siendo esta franja la única zona de Europa donde se arraigó. Posteriormente los españoles llevaron la planta, primero a las islas Canarias y luego a América. Así, este cultivo se desarrolló en países como Cuba, Brasil, México, Perú, Ecuador y Colombia, que se encuentran entre los mayores productores de azúcar del mundo (Almazán, 2010).

1.3. Clasificación taxonómica. (Bernal, 2016)

División: *Magnoliophyta*.

Clase: *Liliopsida*.

Subclase: *Commelinidae*.

Orden: *Cyperales*.

Familia: *Poaceae* .

1.3.1. Descripción.

La Caña de Azúcar es una poacea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz. Tiene un tallo macizo de 2 a 5 metros de altura con 5 ó 6 cm de diámetro. El sistema radical lo compone un robusto rizoma subterráneo. El tallo acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, con hojas que llegan a alcanzar de dos a cuatro metros de longitud. En su parte superior encontramos la panocha, que mide unos 30 cm de largo. (Leitón *et al.*, 2008)

1.4. Morfología.

1.4.1. La hoja.

Las hojas son la parte más importante en la conversión de la energía solar en azúcares. Son alargadas y están recorridas en toda su longitud por una nervadura central, con bordes aserrados. Se originan en los nudos y están dispuestas de manera alterna a lo largo del tallo. Cada hoja está formada por la lámina foliar y

por la vaina o yagua. La unión entre estas dos partes se conoce con el nombre de lígula, y en cada extremo de esta existe una aurícula con pubescencia variable. La forma y el color de la lígula, así como la forma de la aurícula, son elementos de identificación de cultivares.(Santana *et al.*,2014)

1.4.2. El tallo.

El tallo es uno de los órganos más importantes de esta planta, porque en este se almacena el azúcar. El número, diámetro, color y hábito de crecimiento dependen de la variedad. Su longitud estará acorde con las condiciones ambientales y el manejo agronómico que reciba el cultivo. Los tallos pueden ser primarios, secundarios o terciarios. La yema está ubicada en la banda de las raíces y normalmente se presenta una por cada nudo.(Bernal, 2016)

Por su forma pueden ser triangulares, ovaladas, abobadas, pentagonales, romboideas, redondas, ovals, picudas y triangulares, lo que depende de la variedad. Constituye el elemento de propagación agámica de la caña de azúcar, aunque también se reproduce por medios biotecnológicos y es un elemento de identificación de variedades.(Azcuba, 2014)

1.4.3. Sistema radical.

El sistema radical de la caña de azúcar constituye el anclaje de la planta y el medio para la absorción de nutrientes y agua del suelo formado por dos tipos de raíces, las primeras que surgen de la estaca original o primordiales, que se originan a partir de la banda de raíces localizada en el anillo de crecimiento de la estaca original que se planta, estas son delgadas, muy ramificadas, y su periodo de vida llega hasta el momento en que aparecen las raíces de los nuevos brotes o hijos, lo que ocurre entre los dos y tres meses de plantada la caña, estas son numerosas, gruesas, de rápido crecimiento, y su proliferación avanza con el desarrollo de la planta.(Leitón *et al.*, 2008)

1.4.4. La caña de azúcar y el ambiente.

Dado que en Cuba la caña de azúcar ocupa grandes extensiones de suelo, fundamentalmente como monocultivo, además del uso intensivo de fertilizantes,

herbicidas, plaguicidas y en ocasiones maduradores, y de la maquinaria pesada para la cosecha durante la zafra, no es una sorpresa que todo ello despierte preocupaciones por su repercusión en el medio ambiente y la sostenibilidad de la fertilidad de los suelos. También se reconoce ampliamente que la agricultura comercial tiene el potencial de imponerse con severos impactos hidrológicos, degradativos del suelo y en la biodiversidad del ambiente natural. (Clay, 2004) Estas son razones más que suficientes para buscar la potencialidad del cultivo, con la utilización de la experiencia centenaria obtenida en su manejo.

Otro investigador como Cuéllar *et al.*, (2003) ha señalado el efecto favorable de los bosques en la disminución del efecto invernadero, pero poco se habla de la caña de azúcar, donde en cada hectárea se mantienen almacenadas y por tanto no van a la atmósfera, alrededor de 25 a 30 toneladas de carbono; 50 a 70 % más de lo que inmovilizan los bosques tropicales.

1.5. Etapas fenológicas del cultivo de la caña de azúcar.

El cultivo de caña de azúcar en su ciclo de caña planta tiene un desarrollo vegetativo de duración variable, este depende de la variedad y de la influencia del clima. De la siembra a la cosecha el cultivo puede durar desde 14 y hasta 17 meses. Como se muestra en la figura 2 en este periodo la caña de azúcar pasa por cuatro etapas: germinación y/o emergencia, amacollamiento o ahijamiento, rápido crecimiento, maduración y floración. (Romero *et al.*, 2012)

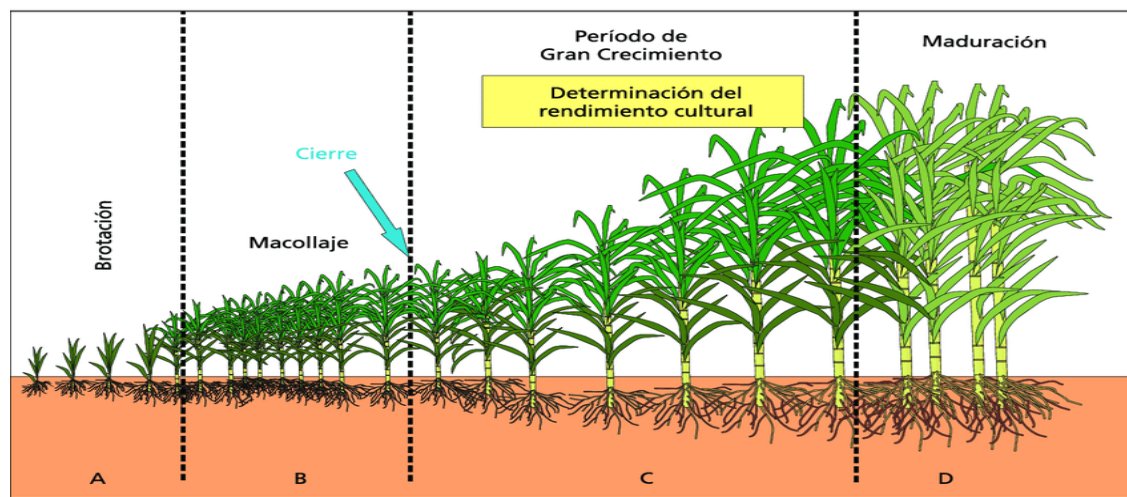


Figura 2. Etapas fenológicas de la caña de azúcar.

1.5.1. Germinación o emergencia.

La germinación por lo general inicia entre la semana tres y cuatro después de la plantación. La rapidez de la germinación y el desarrollo de las yemas disminuyen a temperaturas inferiores a 18 °C en el suelo y cuando ésta es de 6°C el desarrollo se detiene. La germinación finaliza con la manifestación de las raíces primordiales que son originarias de los meristemos radiculares de lavanda de raíces de los nudos del tallo de las semillas.(Rivera, 2008)

1.5.2. Amacollamiento o ahijamiento.

Esta etapa comienza alrededor de los 35 a 40 días después de la plantación y se caracteriza por el brote de varios tallos a partir de las articulaciones nodales que se encuentran en la base de los tallos primarios. Los factores que favorecen el ahijamiento son: la variedad, los días de larga duración y alta intensidad luminosa, una temperatura cercana a los 30°C es la óptima, buenas condiciones de humedad en el suelo y buen nivel de nitrógeno.(FIRA, 2010)

1.5.3. Rápido crecimiento.

En esta fase el cultivo requiere temperaturas sobre los 30°C, disponibilidad de nutrientes y buena condición de humedad. En esta etapa ocurre una elongación rápida del tallo, presenta una gran acumulación de materia seca y la planta alcanza su máxima área foliar (hojas). Su duración puede prolongarse de acuerdo a la variedad, la temperatura y la humedad. Sin embargo, como referencia puede citarse que comienza alrededor de los 120 días después de la plantación y es a los 180 días aproximadamente que queda definida la población de tallos.(Romero *et al.*, 2012)

1.5.4. Maduración.

En esta etapa de desarrollo de la planta se da el proceso de síntesis y acumulación de sacarosa en los tallos de la caña. La maduración de la caña es de la base al ápice (extremo superior) de la planta. Esta parte del desarrollo tiene una duración de unos 2 a 3 meses. Los factores que favorecen el almacenamiento de sacarosa son aquellos que inhiben el crecimiento de la planta, entre ellos la

presencia de noches frescas (temperaturas de 18°C), días calurosos y secos.(Dávila, 2014)

Aplicaciones elevadas o extemporáneas de nitrógeno tiene un efecto negativo porque retarda la maduración.(FIRA, 2010). Los cultivares (variedades) constituyen un factor intrínseco de gran importancia en la maduración, registrándose entre ellos diferencias en la modalidad y en la producción de azúcar por hectárea.(Romero et al, 2012)

1.6. Potencial de productividad de la caña de azúcar

La producción de caña de azúcar en ese país durante el período de los años 60 a principios de los 90 oscilaba de manera general entre 75 y 85 t ha⁻¹ en los años sin problemas climáticos serios, pero aumentó a 95 t ha⁻¹ en los últimos años del siglo pasado. Es decir, que aunque la productividad promedio ha tendido a aumentar marcadamente en la mayoría de los cultivos, el cuadro no es tan claro cuando se trata del potencial de productividad de muchos otros, como la caña de azúcar. Aparentemente, es una cuestión discutible si el potencial de producción en realidad ha aumentado en muchos cultivos de las últimas décadas. Sin embargo, la mayoría de ellos se siembran en condiciones inferiores a las ideales y están sujetos a una serie de estreses.(FAO, 2017)

1.7. Manejo Agronómico.

El rendimiento del cultivo de la caña de azúcar, variable determinante del manejo agronómico que se realice, varía según los diferentes tipos de suelos, cepas, cultivares, clima, y tecnologías de manejo utilizadas; elementos que hay que tener en cuenta para la búsqueda de la sostenibilidad en la producción cañera. (Bouzo *et al.*, 2012)

Para encaminar un trabajo sostenido, (Rodríguez, 2003) sugiere investigar sobre todo el trabajo que se ha llevado a cabo durante muchos años en la industria azucarera, mediante la corrección de los errores cometidos y proyección de nuevas metas.

En Cuba en la década de los 90 del siglo pasado los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar se vieron muy deprimidos por una disminución muy marcada de importaciones de fertilizantes, herbicidas y combustible, principalmente. En la actualidad los rendimientos están en el orden de las 50 t.ha⁻¹ en condiciones de secano. (Álvarez,2017)

1.7.1. Aptitud de las tierras.

La clasificación de las tierras se hace a partir de los “Rendimientos mínimos potenciales”. Las “Unidades de Tierra” (UT) utilizadas son las unidades cartográficas del mapa nacional de suelos y los bloques cañeros del catastro especializado, ambos a escala 1:25 000. Las variables de suelo y clima a utilizar por el sistema para determinar las categorías de aptitud, son: tipo y subtipo de suelo, pedregosidad, pendiente, rocosidad, salinidad, profundidad efectiva, acidez del suelo pH, aluminio cambiante, capacidad de intercambio catiónico, drenaje, compactación, y precipitaciones medias anuales.(Gutiérrez, *et al.*, 2013)

La clasificación utilizada es:

A1 “Sumamente Apta”.

Tierras que no tienen limitaciones señaladas para sostener el cultivo de la caña de azúcar, con rendimientos mayores a 53 t ha⁻¹, o solo con limitaciones de menor cuantía que no reduzcan la producción ni eleven los insumos.(Crespo, 2012)

A2 “Moderadamente Apta”.

Tierras con limitaciones que de conjunto son moderadas para la aplicación sostenida de un uso determinado con rendimientos entre 37 y 53 t ha⁻¹, los factores limitantes que las afectan pueden reducir la productividad alrededor de 30% y aumentar los insumos necesarios, hasta el grado en que las ventajas globales obtenidas del uso adoptado, si bien todavía atractivas, serán apreciablemente inferiores a la esperada de las tierras con clase A1.(Álvarez, 2017)

A3 “Marginalmente Apta”.

Tierras con limitaciones graves para la aplicación sostenida de un uso determinado, con rendimientos de entre 22 y 37 t ha⁻¹, se reduce la productividad por encima de 50% y/o se incrementan los insumos necesarios para sostener la producción, de forma tal que este costo solo se justifica circunstancialmente.(Castro, 2015)

N “No Apta”.

Tierras con limitaciones tan graves que impiden su aprovechamiento sobre una base sostenida, en las que puede disminuir la productividad en más de 70%, con rendimientos menores a 22 t ha⁻¹. En este caso, los beneficios no justifican los insumos necesarios.(Lofton *et al.*, 2012)

1.7.2. Suelos recomendados.

La caña de azúcar es un cultivo que se desarrolla satisfactoriamente en una gran variedad de suelos, pero los más adecuados son los de buen drenaje. Tolera un amplio rango de acidez y alcalinidad y pueden obtenerse altas producciones en suelos con pH entre 5 y 8. Con pH menores a 5 y mayores a 8, la acidez del suelo y los problemas de alcalinidad y salinidad se convierten en factores limitantes de la producción. Requiere además suelos provistos de suficientes cantidades de nutrientes o de buena fertilidad, por ser un cultivo que extrae grandes cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio. (Mora, 2011)

Las investigaciones recientes indican que, en los suelos semi-degradados o degradados, el suministro de materia orgánica, constituyen fuentes importantes de carbono y nitrógeno que ayudan a recuperar la fertilidad de los suelos. Para su conservación es necesario dirigir permanentemente el proceso de transformación de los restos orgánicos hacia la formación de sustancias húmicas estables, de modo que se eleve la productividad de los ecosistemas terrestres.(Crespo, 2012)

1.7.3. Preparación de suelos en la agricultura cañera cubana.

Las investigaciones desarrolladas por el Instituto de Investigación de la Caña de Azúcar (INICA) y otras instituciones nacionales condujeron a la definición, según el proceso tecnológico, de tres tecnologías de preparación de suelos para el cultivo

de la caña de azúcar, el laboreo total con inversión del prisma, el laboreo total sin inversión del prisma y el laboreo localizado.(Oliva *et al.*, 2014)

En la primera tecnología se prepara toda la superficie mediante implementos tradicionales que invierten el prisma de suelo, como los arados y gradas de discos; en la segunda, se utilizan en la labranza primaria los escarificadores con o sin saetas que no voltean la capa de suelo laborada, complementado por las gradas con diferentes órganos de trabajo (discos, dientes) para el mullido del suelo y en la última se prepara solo la franja donde se desarrollará la nueva plantación, quedando el resto para las labores de cultivo en operaciones posteriores.

La tecnología de laboreo total con inversión del prisma de suelo tiene como inconveniente, al emplear medios tradicionales, menor productividad, mayor costo y tiempo de operación, respecto a las dos tecnologías restantes, que al estar conformadas por escarificadores con saetas contrarrestan tales deficiencias e incorporan ventajas propias del proceso tecnológico que desarrollan, como la conservación de la humedad del suelo, aumento de la velocidad de infiltración y la permeabilidad, protección del suelo contra la erosión y mejora de su aeración. (Gutiérrez *et al.*, 2013; Betancourt *et al.*, 2014).

La tecnología de preparación localizada, además de las ventajas antes mencionadas, tiene otras particularidades como el uso más racional de la energía, al labrar una parte del terreno que no llega al 50% del área; además, al quedar los espacios entre hileras firmes se aprovecha mejor la fuerza de tracción de los tractores y, cuando hay exceso de humedad, se puede adelantar la plantación respecto a aquellos que laboran toda la superficie. (Santana *et al.*,1999)

Para suelos ondulados con riesgo de erosión y limitaciones por sus pendientes para el laboreo con máquinas, se recomienda el empleo de la tecnología de laboreo en contornos o por curvas de nivel. Esta se fundamenta en principios conservacionistas, para lo cual es necesario un estudio y un proyecto a fin de diseñar como se trazarán los surcos con vistas a minimizar el movimiento y desplazamiento de la capa de suelo, así como su protección contra el escurrimiento, causa principal de la erosión potencial. (Rodríguez *et al.*, 2010)

1.7.4. Siembra o plantación de la caña de azúcar.

La siembra de la caña de azúcar es la actividad agrícola más importante del ciclo de vida de este cultivo, porque determina el futuro de la plantación, la productividad y la rentabilidad de la unidad productora en los siguientes seis o siete años. Es, además, la que produce un mayor impacto en los rendimientos, pero al mismo tiempo, la más costosa. En la generalidad de las áreas cañeras del mundo, la plantación de una hectárea de caña de azúcar cuesta entre 500 y 800 dólares, por lo que su ejecución se deberá hacer con el mínimo de riesgos posibles, en Cuba el costo está en el orden de los 4 500 pesos moneda nacional. (Cuéllar *et al.*, 2003)

En la siembra o plantación de la semilla agámica de la caña de azúcar, el esqueje o trozo de tres a cinco yemas se deposita en el fondo del surco a una profundidad de 25 y 30 cm aproximadamente, teniendo en cuenta la gran gama de distancias de siembra que pueden ser empleadas en la agricultura cañera, que van desde 0,90 m hasta 1,80 m; donde la mayoría de los productores coinciden en señalar que, dentro de ciertos límites, los mayores rendimientos agrícolas se logran en marcos de siembras reducidos a distancias menores, al aumentar el número de tallos por unidad de área. (Gómez *et al.*, 2011)

En la actualidad se está generalizando la siembra de caña de azúcar en marcos de siembra de base ancha, consistente en plantar en dos surcos estrechos distanciados 0,70 m entre sí y dejando una calle amplia de 1,80 m, con esta tecnología se necesitaría 33% más de material de siembra, más laboreo y mayor área para los semilleros; pero se esperaría un incremento equivalente en población y, en consecuencia, una mayor producción. (Campos y Ambriz, 2006)

1.7.5. Cultivo de deshierbe.

Díaz y Labrada (2003) definían como malezas o también llamadas malas hierbas aquellas que compiten con el cultivo principal por agua, luz y nutrientes. Estas por ser mejor adaptadas que las plantas del cultivo para absorber los nutrientes, pueden también restringir el crecimiento a través de exudados radicales y percolados foliares alelopáticos.

Las pérdidas en cosecha por esta afectación se estiman entre un 33% y 66%. Las mermas anuales causadas por las malezas en la agricultura de los países en desarrollo han sido estimadas en el orden de los 125 millones de toneladas de alimentos, cantidad suficiente para alimentar 250 millones de personas. (Crespo, 2012)

El control de las malezas en caña de azúcar en Cuba a partir de la década de 1970 se ha basado en el uso intensivo de herbicidas y labores de desyerbe mecanizado en un esquema de producción donde se establece la demolición y plantación (siembra), del 14 % del área cada año. Sin embargo, la capacidad productiva de la caña planta, por lo general, ha sido limitada por la presencia de factores que han impedido brindarle adecuada atención cultural, particularmente en lo referido al control de malezas. (Álvarez, 2014)

El autor referido en el párrafo anterior plantea la necesidad de investigar, evaluar e introducir a escala comercial nuevas moléculas de productos herbicidas residuales, que tengan la capacidad de controlar un amplio espectro de malezas, incrementando la producción y disminuyendo los costos del cultivo, además de permitir la rotación de productos con diferente modo de acción para minimizar la resistencia de malezas a los herbicidas, un problema actual que amenaza la producción de alimentos en el mundo.

Las malezas constituyen en Cuba, la segunda causa de afectación de los rendimientos agrícolas. (Álvarez, 2014). El principal daño está en la competencia que ejercen estas al momento de la germinación, así como en los cuatro meses subsiguientes, cuando el crecimiento es lento y el follaje del cultivo no logra cubrir completamente la superficie cultivada.

Las labores de cultivo de deshierbe deben realizarse con frecuencias que permitan mantener el campo completamente limpio. No se admitirá enyerbamiento sostenido por más de 15 días. Cuando se utilicen herbicidas, el cultivo se realizará una vez concluido el efecto de estos. El cultivo debe asegurar que el aporque interno no se realice hasta que haya concluido el primer ahijamiento (60 y 70 días) después de concluida la germinación. En todos los casos los órganos de trabajo

no deberán aproximarse menos de 30-40 cm al eje central de la cepa. El uso de los escardadores de hileras (rake) deberá garantizar el desyerbe de toda la banda del narigón a una profundidad máxima de 3 cm. (Álvarez, 2006)

1.8. Servicios Científicos- Técnicos.

El sector agrícola cañero necesita nuevos conocimientos científicos que puedan ser aplicados en la práctica para hacer frente a los retos actuales y futuros. Hay que mejorar la competitividad en un entorno económico cada vez más difícil y garantizar al mismo tiempo la utilización sostenible de los recursos y los servicios unido a una constante capacitación de la población agraria. Es por esto que el Instituto de Investigación de la Caña de Azúcar desarrolla 35 proyectos de investigación que apoyan y retroalimentan la producción cañera cubana. (Guillén, 2017)

Estos proyectos nos permiten interactuar en el proceso de producción de caña a través de un grupo de servicios científico técnicos responsables de asegurar un correcto manejo agronómico con criterio de sostenibilidad en lo económico, social y medio ambiental.

1.8.1. Servicio de Variedades y Semillas (SERVAS).

El SERVAS surge con el objetivo de Perfeccionar la explotación comercial del recurso principal y base de la producción azucarera, los cultivares de caña de azúcar, producción de semilla certificada y su inspección. (Guillén, 2017). Hoy se precisa:

- Cambios en todos los sistemas de selección.
- Entrada de variedades para incrementar genofondo.
- Disciplina técnica en el cumplimiento de los proyectos.
- Buscar variedades azucareras y de madurez temprana.
- Estudios en el desarrollo diversificado de la caña de azúcar como alimento animal y en la obtención de variedades energéticas.

Para asegurar la constante introducción de nuevas variedades a la producción cañera, el SERVAS como sistema tiene implementado una forma de parcela demostrativa llamada “Prueba de Validación Comercial de Variedades”, con el objetivo de que el productor evalúe bajo las condiciones de su cooperativa los resultados productivos de los nuevos cultivares recomendados comparándolos con la variedad principal o con las que se pretenden cambiar. (González *et al.*,1999)

1.8.2. Servicio fitosanitario (SERFIT).

Objetivo: Lograr el manejo fitosanitario en las plantaciones cañeras y áreas de semilla con el establecimiento de un sistema de recomendaciones para la detección, prevención y control de plagas y enfermedades presentes o no en el país.(INICA, 2018)

Se fundamenta en la implantación de un sistema de control sanitario con la finalidad de aportar a las unidades de producción los principios metodológicos básicos para determinar la presencia y magnitud de las plagas principales, brindar recomendaciones que viabilicen la toma de decisiones técnico – económicas para el control sanitario.

El Servicio Fitosanitario para la caña de azúcar mantiene bajo supervisión todas las áreas del cultivo en Cuba, utilizando para el control de plagas, la aplicación de medios biológicos producidos en los centros de producción de entomófagos y entomopatógenos (CREE), que por su eficiencia contribuyen a reducir o controlar la presencia de éstas y preservar el ambiente. (Rodríguez, 2016)

1.8.3. Servicio de recomendaciones de fertilizantes y enmiendas (SERFE).

El servicio fue concebido sobre la base de la experiencia y los resultados obtenidos en 3 112 cosechas de experimentos de campo de la red de estaciones del INICA. Su objetivo es proporcionar a las entidades productoras de caña los fundamentos para que se apliquen los fertilizantes a la caña de azúcar sobre la base de criterios científicamente fundamentados, en cantidades que satisfagan las necesidades del cultivo, evitando que su déficit constituya un factor limitativo del rendimiento agrícola y la calidad de los jugos y que su empleo irracional contribuya

a la contaminación del medio ambiente, contribuyendo a la preservación de la fertilidad de los suelos y crear una base de datos sobre ésta, llevando sistemáticamente su registro.(INICA, 2018)

El servicio consta de dos tipos de monitoreo:

- Encuesta a través de muestreo foliar: análisis foliares a campos comerciales para conocer el comportamiento del cultivo ante las recomendaciones, y de ser necesario, corregirlas.
- Lotes controles: se establecen en campos representativos y se usan para evaluar el efecto que tienen en las recomendaciones de fertilizantes la fitotecnica empleada, los efectos del clima y los factores edáficos limitativos.

1.8.4. Servicio de control integrado de malezas (SERCIM).

Es un servicio de planificación, asesoramiento, control y capacitación de las actividades de control integral de malezas, a todos los niveles de AZCUBA. Además, realiza la evaluación de nuevos productos herbicidas, y junto con el SERFE evalúa y aplica maduradores y bioestimulantes en las áreas dedicadas al cultivo de la caña de azúcar.(INICA, 2018)

Elabora planes anuales de control integral de malezas a todos los niveles, incluyendo la necesidad de herbicidas y medios, las áreas a atender por aplicación de herbicidas, cultivo deshierbe, limpia manual y por cada medio de control de forma quincenal y anual.

Este servicio permite a los productores cañeros actualizar los conocimientos sobre las malezas y su manejo con el uso de los componentes de control integrado; selecciona los mejores tratamientos de herbicida, dosis y detalles de aplicaciones, información sobre costos y productividad de las labores de control químico, mecanizadas, por tracción animal y manuales y especificaciones sobre boquillas, mochilas y asperjadoras. (INICA, 2018)

1.9. Producción de semilla.

La siembra de caña de azúcar con semilla de alta calidad, es el paso más simple e importante para elevar los rendimientos del cultivo. La calidad de la semilla está

determinada por la sanidad (ausencia de afectaciones por enfermedades y plagas), pureza genética y vigor agronómico. Para el logro efectivo de estos indicadores es muy recomendable el empleo de Programas de Certificación de Semillas. (AzCuba, 2018)

Sobre esta base, desde el año 1984 en Cuba, se viene implementando la utilización de un Programa de Producción de Semilla Categorizada para el cultivo de la caña de azúcar, el cual contempla la semilla original, la básica, la registrada y la certificada; cada una con sus características técnicas bien definidas y en la cantidad que demanda el proceso de producción comercial de este cultivo

Este Programa, está respaldado con el empleo de modernas tecnologías y métodos para detectar la presencia y afectaciones de las principales enfermedades y plagas del cultivo y a la vez poder certificar los propágulos con alta efectividad.

La semilla recibe una categoría cuando reúne los requisitos que exigen los indicadores de calidad establecidos para cada una de ellas, como resultado de un proceso riguroso de selección y atenciones culturales durante todo su ciclo de desarrollo, al cual podemos llamar proceso de Mejoramiento Fitotécnico de la Semilla. (Jorge *et al.*, 2016)

1.9.1. Categorías del programa de producción de semilla.

El Instructivo Técnico para la Producción de Semilla Categorizada de Caña de Azúcar (2018), define las siguientes categorías de semilla. (Anexo 1)

Semilla original.

En las condiciones del cultivo de la caña de azúcar en Cuba, se considerará como semilla original, a toda semilla que proceda del Banco de Variedades Originales de las estaciones del INICA; de aquellas variedades que luego de concluir los estudios de validación comercial, han sido seleccionadas para ser introducidas en el proceso productivo por sus atributos de rendimientos, contenido azucarero, resistencia y adaptación, o de aquellas variedades que se encuentran en el proceso de producción y mantienen su condición de comercial.

Semilla básica.

Producida en los Bancos de Semilla Básica (BSB) de las Estaciones Provinciales y Territoriales de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Se obtiene a partir de la semilla original de las nuevas variedades aprobadas para la introducción comercial en las áreas de producción de las Empresas y sus UPC, o de aquellas variedades que ya están establecidas en el proceso productivo de las mismas.

Su principal vía de obtención será la semilla original por reproducción agámica mediante la multiplicación de yemas aisladas o esquejes de dos o tres yemas, así como la biotecnológica, a través de la micro propagación y obtención de vitro plantas en las Biofábricas y laboratorios especializados.

Semilla registrada.

Producida en los Bancos de Semilla Registrada (BSR) de las Empresas Azucareras. Se obtiene a partir de la semilla básica de las nuevas variedades aprobadas para la introducción comercial en las áreas de producción de las UEB y sus UPC, o de aquellas variedades que ya están establecidas en el proceso productivo de las mismas.

Su principal vía de obtención será la reproducción agámica, mediante la multiplicación de yemas aisladas o esquejes de dos a tres yemas, según sea necesario en el proceso de producción de semillas, así como la biotecnológica, a través de la micro propagación y obtención de vitro plantas en las Biofábricas y laboratorios especializados.

Semilla certificada.

Producida a nivel de las Fincas de Producción de las UEB y sus UPC, en áreas denominadas Bancos de Semilla Certificada (BSC), que son áreas especializadas de producción de semilla, que cumplen con los requisitos para la producción de semilla categorizada del cultivo de la caña de azúcar.

Se obtiene a partir de la semilla registrada de las nuevas variedades aprobadas para la introducción comercial en las áreas de producción de las UEB y sus UPC,

o de aquellas variedades que ya están establecidas en el proceso productivo de las mismas.

Su principal vía de obtención será la reproducción agámica, mediante la multiplicación de esquejes o tercios tres o más yemas correctamente seleccionados, según sea necesario en el proceso de producción.

1.10. Tratamiento hidrotérmico a la semilla de caña de azúcar.

1.10.1. Tratamiento hidrotérmico.

La planta de tratamiento hidrotérmico es un equipo integrado y compacto, construido en lámina de hierro con revestimiento de pintura epóxica de alta resistencia a los jugos azucarados y a temperaturas hasta de 75 °C. Cuenta con un tanque de agua caliente donde se alojan los contenedores plásticos, dentro de los cuales se acomoda los esquejes de caña de azúcar, cortada en trozos de 3 a 5 yemas. También se pueden tratar yemas unitarias, acomodadas en los contenedores plásticos.(Valera, 2018)

El autor referido, argumenta que dicha planta está equipada con controles de alta precisión y fácil manejo que accionan resistencias eléctricas. La motobomba, que recircula el agua permanentemente para establecer una temperatura uniforme durante todo el tratamiento, esta accionada por un motor de 3.6 HP a 3600 RPM, aproximadamente controlados mediante una válvula y un manómetro.

El tratamiento hidrotérmico de la semilla de caña de azúcar consiste en inmersión de los esquejes en remojo previo al tratamiento térmico por un tiempo de 24 horas, posteriormente se somete a un tratamiento térmico a una temperatura definida, que normalmente está entre el rango de los 50 a los 53°C, por un periodo de tiempo establecido y que varían dependiendo de la sensibilidad de la variedad. (Chavarría *et al*; 2017)

El tratamiento térmico de la semilla está orientado básicamente a la reducción de las enfermedades que se transmiten a través de los esquejes, especialmente las de origen bacteriano y fungoso. Los efectos combinados que pueda tener el calor directamente sobre la semilla y la transmisión de enfermedades se han estudiado

con resultados diversos. El efecto del tratamiento con agua caliente obtenido por Alfaro y colaboradores (2003), refuerza las conclusiones de Guzmán y otros (1987) en donde propone que el raquitismo de las socas (*Leifsonia xyli supsp. xyli*) disminuye luego de varios ciclos sucesivos de tratamiento térmico, por lo que un solo tratamiento es insuficiente.

Está probada la alta eficiencia de la hidrotermoterapia en el control del raquitismo de los retoños (RSD) , el carbón y el control —al menos parcial— de otros patógenos. Para controlar las enfermedades de la caña de azúcar, prácticamente las únicas posibilidades son el empleo de variedades resistentes y el tratamiento hidrotérmico, por eso, este es uno de los requisitos esenciales en la producción de semilla, pero no se puede hablar de un procedimiento único; la temperatura del agua y el tiempo de exposición —como ya se explicó— varían de una tecnología de producción de semilla a otra.

Hay varios elementos fundamentales que se deben tener en cuenta para garantizar la inactivación del organismo causal del raquitismo, y reducir el efecto negativo que produce el tratamiento hidrotérmico sobre el poder germinativo de las yemas. Los requisitos principales de la secuencia y el manejo del tratamiento para lograr los objetivos planteados, se pueden resumir de la forma siguiente:

- La edad de los tallos debe estar entre 8 y 10 meses.
- Las yemas deben estar bien formadas.
- Si se emplean propágulos de 3 yemas o más, el corte debe ser recto, al centro del entrenudo y empleando un machete bien afilado. En el caso de yemas aisladas el instrumento de corte también debe estar bien afilado.
- La temperatura del agua seleccionada debe ser estable, con agitación constante.
- La relación agua-caña en el tanque de tratamiento se debe mantener en cuatro partes de agua por una de caña o superior.
- El tiempo seleccionado para el tratamiento debe ser exacto.
- El enfriamiento se debe realizar inmediatamente después de terminar el tratamiento hidrotérmico.

- La semilla se debe manejar cuidadosamente antes y después del tratamiento. Emplear jaulas metálicas para evitar daños mecánicos a las yemas.
- Prestar mucha atención al reposo posttratamiento de la semilla: 24 horas como mínimo en lugar sombreado y al aire libre

1.10.2. Calidad de la semilla post tratamiento térmico de la caña de azúcar.

La hidrotermoterapia puede afectar significativamente la brotación de las yemas, y destruir, parcial o totalmente los primordios radicales de los propágulos, si no se cumplen los requisitos establecidos para el tratamiento, así como la secuencia y el manejo de las diferentes operaciones.

La variable agronómica brotación está relacionada directamente con la calidad de la semilla de caña de azúcar y si bien es cierto que existe una disminución en el porcentaje de brotación post tratamiento térmico esta problemática no está estudiada en profundidad.(Jorge *et al.*, 2018)

Una de las acciones que se realizan en la dinámica del tratamiento térmico es la inmersión de los esquejes en remojo previo por un tiempo de 24 horas. En la práctica se ha podido observar que la inmersión por 24 horas de los trozos de 3 a 5 yemas de caña de azúcar en agua por 24 horas hace que se sature hídricamente el material de propagación, observándose una dilatación de las yemas que hace que su manipulación sea en extremo cuidadosa para no dañarlos.

Posterior a las 24 horas se “cocina” los esquejes sin que medie tiempo de reposo por espacio de una hora a 51 °C se enfría en solución fungicida durante cinco minutos y se pone en reposo a la sombra 24 horas, antes de ser plantadas en el campo.(INICA, 2018)

2.0 MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Localidad.

Los estudios se desarrollaron sobre suelos Sialitizados no cálcicos (Cambisoles), en el Bloque experimental de Espartaco, Cienfuegos; perteneciente a la Estación

Territorial de Investigaciones de Villa Clara, según Hernández *et al.*, (1975) y Hernández *et al.*, (1999).

2.2. Para el cumplimiento del primer objetivo.

Se utilizaron 3 variedades de caña de azúcar (C86-12, C90-469, C86-156).

Se trabajó en 36 parcelas de 32 m² (surcos de 20 metros de largo x 1.60 metros) distribuidas en Bloques al Azar, con tres repeticiones, el área experimental, 1152 m²,

Semilla utilizada.

- ✓ Edad de la semilla: 9 meses.
- ✓ Esquejes de tres yemas.
- ✓ Total de yemas por surco 360.
- ✓ Total de yemas por tratamientos 1080.
- ✓ Evaluación de la brotación a los 60 días.
- ✓ Estimado de población a los 60 días.

Tratamientos:

- 1- Remojado previo 24 horas y seguidamente tratamiento térmico a 51 °C durante una hora.
- 2- Remojado previo 24 horas, 2 horas de reposo y tratamiento térmico a 51 °C durante una hora.
- 3- Remojado previo 24 horas, 4 horas de reposo y tratamiento térmico a 51 °C durante una hora.
- 4- Remojado previo 24 horas, 6 horas de reposo y tratamiento térmico a 51 °C durante una hora.

El diseño que se empleó fue de bloques al azar con tres repeticiones en parcelas de 32 m² (surcos de 20 metros de largo x 1.60 m de ancho).

El conteo de brotación (Yemas brotadas / yemas totales plantadas * 100), se realizó a los 60 días.

La información generada se evaluó estadísticamente mediante análisis de varianza multivariantes, ($p \leq 0,05$) y prueba de comparación de medias (Tukey 5 %), con la utilización del paquete estadístico Info Stat (2009).

2.3. Para el cumplimiento del segundo objetivo.

Se realizó un análisis de regresión lineal para evaluar la relación entre el porcentaje de brotación y el porcentaje de población (componente principal del rendimiento) a los 60 días después de plantado el estudio.

El porcentaje de población se determinó mediante la siguiente relación: en 20 m lineales $(\text{Total de espacios vacíos de cada variedad} \times 0.60\text{m}) / 20\text{m} \times 100$.

3.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. Evaluación del comportamiento de la brotación en diferentes tiempos de reposo, después del remojo, previo al tratamiento hidrotérmico, en tres variedades de caña de azúcar, y su posible interrelación.

Cuando evaluamos estadísticamente la brotación en tres variedades y en diferentes tiempos de reposo previo al tratamiento hidrotérmico observamos que existen diferencias significativas entre estas variables, así como su interrelación (Tabla 1).

Tabla 1. Cuadro de Análisis de la Varianza de las variables en estudio.

Fuente Variación	SC	PVT	CM	F	p-valor
Variedades (V)	1518,66	14,50	759,33	101,81*	<0,0001
Reposo (R)	7138,23	68,17	2379,41	319,02*	<0,0001
V X R	1634,96	15,61	272,49	36,53*	<0,0001
Error	179,00	1,71	7,46		
Total	10470,86				

La brotación es una variable influenciada tanto por las características genéticas de las variedades, como por las condiciones que se le propicien, al detectarse diferencias significativas tanto para las variedades como para los tiempos de reposo a que fue sometida la semilla antes de la hidrotermoterapia usada para el control de enfermedades bacterianas sistémicas, como la escaldadura foliar y el raquitismo de los retoños, que suelen obstruir los haces vasculares, así como para la interacción entre ambos factores.

De acuerdo a lo que representó cada fuente de variación respecto a la suma de cuadrados total (variación total), el mayor efecto sobre la brotación lo produjo el tiempo de reposo previo a la plantación antes del tratamiento térmico, con 68,17% de la variación total. El efecto de los cultivares y el de su interacción con el tiempo de reposo, fue muy similar con apenas una unidad porcentual de diferencia de acuerdo a los valores de 14,5 y 15,6% respectivamente.

Jorge *et al.*, (2018) en estudio realizado en la Compañía Azucarera La estrella. S.A (CALESA), en la República de Panamá, encontró diferencias significativas al evaluar la brotación en cinco cultivares de caña de azúcar planteando que estas diferencias se justifican por ser genotipos diferentes donde su expresión ante estos caracteres puede variar.

Alejandro *et al* (2010), mediante marcadores moleculares (RAPDs), identificaron la similitud y disimilitud entre 22 híbridos de caña de azúcar de diferente origen geográfico, al igual que Puchades *et al* (2011), en estudios de la base genética de variedades de caña de azúcar en Cuba.

Cuando comparamos los resultados de la variable variedades (Tabla 2), los cultivares C86-12 y C86-156, respondieron de manera similar al manejo ofrecido, y con una mejor respuesta de la brotación respecto a C90-469 (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación múltiple de medias. Variedades en estudio.

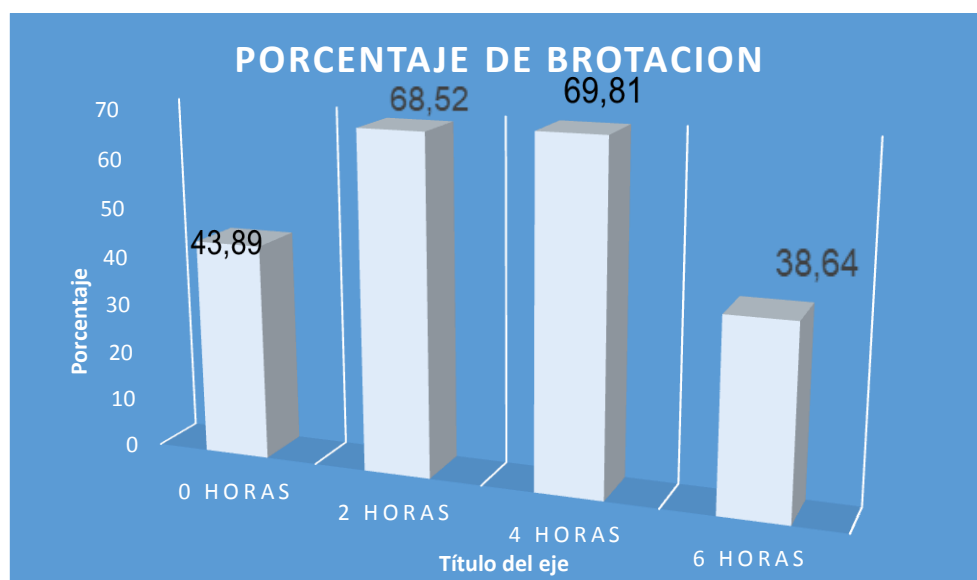
Variedades	Porcentaje Brotación
C86-12	61,06 ^A
C86-156	58,43 ^A
C90-469	46,16 ^B

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

Al evaluar el tiempo de reposo antes de la hidrotermoterapia, (Figura 2) los mejores resultados coinciden con los tiempos de reposo entre dos y cuatro horas donde entre ambos no existen diferencias significativas, pero difieren del resto de los tratamientos (cero y seis horas de reposo).

Asumiendo que la práctica actual de realizar la hidrotermoterapia sin reposo previo como control, podemos observar un incremento de la brotación cuando la semilla

reposa entre dos y cuatro horas en el orden del 25 % siendo el peor resultado cuando el tiempo de reposo es de seis horas.



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

Figura 2. Comparación múltiple de medias. Tiempo de reposo antes de la hidrotermoterapia.

Está demostrado las ventajas que ofrece el tratamiento hidrotérmico de la semilla de caña de azúcar, varios autores, (Puchades, 2011, González *et al.*; 2013, Orive, 2015) señalan la importancia fitosanitaria al controlar enfermedades que afectan al cultivo, la eliminación de toxinas con la práctica del remojo previo, pero también hacen mención al daño físico que sufren las yemas por exceso de hidratación cuando no se dejan reposar antes del tratamiento hidrotérmico

Al estudiar las interrelaciones entre ambas variables (variedad por tiempo de reposo) anterior a la hidrotermoterapia (Tabla 4), se pudo constatar que el reposo en horas puede favorecer de manera significativa la brotación de una variedad e incluso llegar hasta los niveles de variedades de excelente brotación, según lo experimentado por C90-469 cuya brotación no tuvo diferencias significativas con C86-12 y C86-156 cuando fue sometida a ese tratamiento. De igual forma puede suceder cuando variedades que se caracterizan por presentar una buena brotación son sometidas a un reposo prolongado o son plantadas inmediatamente después del tratamiento térmico.

Tabla 4. Comparación múltiple de medias. Interacción variedad-tiempo de reposo.

Variedad	Reposo	Porcentaje Brotación	Variedad	Reposo	Porcentaje Brotación
C86-12	4 h	77,22 ^A	C86-156	6 h	55,00 ^D
C90-469	2 h	72,22 ^A	C86-12	0 h	52,22 ^{DE}
C86-156	4 h	71,11 ^A	C86-156	0 h	44,81 ^E
C86-12	2 h	70,56 ^{AB}	C86-12	6 h	44,26 ^E
C86-156	2 h	62,78 ^{BC}	C90-469	6 h	32,41 ^F
C90-469	4 h	61,11 ^C	C90-469	0 h	18,89 ^G

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

3.2. Evaluación económica los resultados obtenidos.

En la figura 2 se observa la alta dependencia que tiene la población de la brotación, aspectos a tener presente en las campañas de siembra comercial del cultivo, pues la brotación varía con las variedades a plantar, el conocimiento del comportamiento de los cultivares en esta variable y la calidad de la semilla a emplear, los cuales serán determinantes en la densidad de yemas a utilizar en las plantaciones comerciales para alcanzar más del 90% de población.

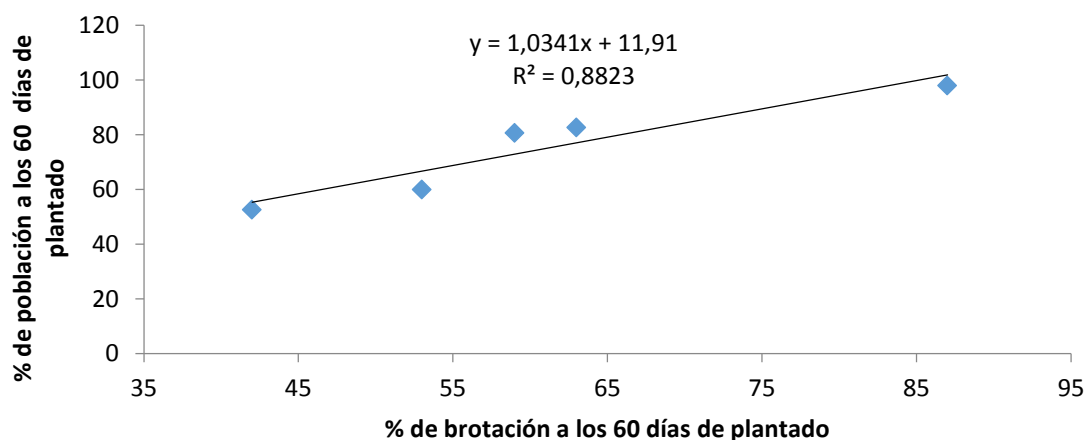


Figura 3. Regresión múltiple entre las variables brotación y población.

La población del campo de caña es tan importante para el productor que investigadores como Dillewijn (1973), consideran que el rendimiento agrícola, que es un carácter genético complejo, depende en gran medida del peso del tallo y la población.

Chavarría *et al*; (2017), al estudiar la germinación de la semilla como parámetro de calidad, propone que el nivel de germinación mínimo permisible no debe ser inferior al 70% para obtener un rendimiento aceptable en tonelaje de caña por unidad de área, señalando también que este valor está establecido a partir de datos experimentales que deben ser validados.

En el cultivo moderno de la caña de azúcar, donde las plantaciones se establecen en hileras a surco corrido, está considerado que los espacios sin brotes de longitud de 60 cm o mayores, sean establecidos como despoblación, la cual trae aparejado la costosa pérdida de rendimiento y las antieconómicas labores de la resiembra.

La labor de resiembra de los campos de caña, considerada como de alto costo por Humbert (1970), el cual señaló que esta, concentró la atención de los productores cañeros en la necesidad de una garantía para obtener una población de tallos satisfactoria. Este investigador, desde la temprana fecha de los años 58 y 59 del siglo pasado, informó que la actividad de resiembra no ha demostrado aumentos en el rendimiento de las plantaciones cañeras, porque la resiembra que logra sobrevivir en los espacios estrechos; casi siempre se desarrolla pequeña, débil y delgada. A lo cual debemos agregar que casi nunca logra emparejar su crecimiento con el de la plantación inicial.

En resumen, la despoblación es un mal que ocasiona grandes pérdidas en los rendimientos cañeros y la resiembra que casi siempre la acompaña, es una actividad de alto costo y de dudosos resultados en el incremento de ellos.

CONCLUSIONES.

La brotación es una variable influenciada por las características genéticas de las variedades, como por las condiciones que se le propicien, al detectarse diferencias estadísticas significativas tanto para la variable variedades, variable tiempo de reposo y la interrelación entre ambas.

Se demuestra la alta dependencia que tiene la población de la brotación, aspecto económico decisivo en el proceso de producción de caña, para lograr poblaciones superiores al 90 % para lograr rendimientos por encima de las 50 Tm ha⁻¹

RECOMENDACIONES.

El tiempo de reposo después del remojo, previo al tratamiento hidrotérmico, es una variable muy poco estudiada, por lo que proponemos nuevos estudios relacionados con esta temática.

BIBLIOGRAFÍA.

Álvarez, F. (2017). Composición química y fenológica de 8 variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp) para su recomendación en la alimentación animal (Tesis de Grado), Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.

Alejandre, J .A., Galindo,M.E., Lee,H.E. y Alvarado,O.G. (2010). Variabilidad genética de 22 variedades híbridas de caña de azúcar (***Saccharum*** spp. Híbrido). Revista Internacional de Botánica Experimental. 79, 87-94.

Almazán, O. (2010). El azúcar en la raíz de la nacionalidad cubana. *AZÚCAR: Memoria Y Cultura*, 3, 42.

Baron, P. (2008). *Key Driver Shopping the World Sugar Economy*. International Congress, 4,38-43.

Bernal, M. (2016). Producción de metabolitos secundarios durante la propagación de la caña de azúcar en Biorreactores de Inmersión Temporal. (Tesis Doctoral). Universidad de La Habana.

Betancourt, Y., Rodríguez, C., Iglesias, A. G. (2014). Calidad de la labor de nuevas alternativas de preparación de suelos arcillosos pesados con superficies acanteradas y cobertura de residuos vegetales en caña de azúcar. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(1), 8-13.

Bouzo, L., Villegas, R., Arcia, J., Pérez, E., Zuaznabar, R. (2012). Elementos metodológicos para el desarrollo del proyecto de estimación de los rendimientos mínimos potenciales para caña de azúcar en la República de Cuba (Tesis Doctoral). Universidad de La Habana.

Bolaños, R. (2015). Características del surco de base ancha y su implementación en siembras comerciales de caña de azúcar. En VI Congreso Tecnológico del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). La Habana, Cuba.

Burnquist, W.L. (2013). Sugarcane research and development, a view from the private sector. *Proceeding International Society Sugar Cane Technologists*, 28, 8.

Cabezas, A. (2018). Evaluación de la cepa primer retoño como semilla registrada en caña de azúcar (*Saccharum spp*) (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.

Castro, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. (Tesis Doctoral). Universidad de La Habana, Cuba.

Campos, A., Ambriz, R. (2006). Tipos de surcado de caña de azúcar en el Estado de Morelos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Morelos México. Desplegable (9), 2.

Cuéllar, I. A., De León, M. E., Gómez, A., Piñón, D., Villegas, R. y Santana, I. (2003). Caña de Azúcar. Paradigma de sostenibilidad. Editorial PUBLINICA 15-170.

Crespo, G. (2012). Recuperación de la fertilidad del suelo en áreas ganaderas degradadas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 355.

Chavarría, E; Ocampo, E; Calderón, G; (2012): Resultados de las últimas investigaciones en semilla de caña de azúcar. Memorias XIX Congreso Nacional Azucarero de ATACORI. Cuba.

Díaz J. C., Labrada R. (2003). Manejo Integrado de Malezas. Curso de Control Integrado de Malezas de Caña de Azúcar, 2, 1-6.

Dávila, D. A. (2014). Evaluación de dos sistemas de siembra en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) para la obtención de semilla en la provincia del Cañar—cantón La Troncal. (Tesis de maestría) Universidad de Cuenca.

Díaz, R. M. (2002). Escaldadura foliar de la caña de azúcar en Cuba, caracterización, diversidad y diagnóstico molecular de su agente causal. (Tesis doctoral), Universidad de Agraria de La Habana.

Dillewijn Van, C. (1973). Botánica de la Caña de Azúcar. Edición Revolucionaria. Instituto Cubano del Libro. MINED. La Habana. Cuba. Primera Edición: 437.

FAO. (2017). Food and Agriculture Organization of the United Nation. FAOSTAT. Statistics Division. Dirección de Internet <http://faostat.fao.org>.

González, J., Gómez. R., Cruz. I., Rossi. J., Montero. B., Platero, V., Diéguez y Moreno, W.: (2013). La población de los cañaverales y su efecto sobre el rendimiento de la caña de azúcar. Implementación de prácticas agronómicas para su incremento y estabilidad. Cuba & Caña. (1) 13-21.

Gómez, S., Platero, B., Rossi, I., Prieto, J. (2011). Plantación de la Caña de azúcar en surco de base ancha. ATAC, 3, 33-38.

Gutiérrez, A., Díaz, F., Vidal, L., Rodríguez, I., Pineda, E., Betancourt, Y., & Gómez, J. (2013). Manual de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de la caña de azúcar en los suelos arcillosos pesados con regadío superficial. La Habana, Cuba.

Guillén, S. (2017). Conferencia presentada en el consejo de dirección del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) en el mes de diciembre del 2017. Documentos en archivos del INICA.

Grupo Empresarial AzCuba. (2014). Protocolo lotes de control para la evaluación de la Inversión de la plantación en surco Base Ancha. Dirección de Producción y Servicios. La Habana, Cuba.

Hernández. (2018). Evaluación de la cepa primer retoño como semilla registrada en caña de azúcar (*Saccharum spp*) en la Empresa Azucarera Cienfuegos. (Tesis de pre grado) Universidad Cienfuegos.

Hernández A, Pérez JM, Bosch D y Rivero L. (1999). Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. AGROINFOR, 64.

Hernández, A., J. Pérez, O. Ortega, L. Avila, A. Cárdenas, A. Marrero y N. Companioni. (1975). II Clasificación genética de los suelos de Cuba. Revista Agricultura. VIII (1): 47-69.

Humbert, P.R. (1970.): El Cultivo de la Caña de Azúcar. Editorial Ciencia y Técnica. Instituto del Libro. La Habana. Cuba. Primera Edición: 778.

INICA (Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar). (2018). Reglamento para la producción de semilla de caña de azúcar. La Habana. Cuba.

INICA (Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar). (2007). Instructivo técnico para la producción y cultivo de la caña de azúcar. La Habana. Cuba.

INICA (Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar). (2018). Manual (SERFIT), Servicio Fitosanitario. La Habana. Cuba.

INICA. (Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar). (2018). Manual (SERFE), Servicio de Fertilizantes y Enmiendas. La Habana. Cuba.

INICA (Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar). (2018). Manual (SERCIM), Servicio de Control Integrado de Malezas. La Habana. Cuba.

Info Stat. (2009).Info Stat version 2009.Grupo Info Stat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Jorge, H; Suarez, González, A; Menéndez, A. y Vera, A.(2018). Influencia de la longitud de los esquejes y la densidad de yemas por metro en la brotación y población del cultivo de la caña de azúcar. REVISTA ATAC (3) 9-12.

Martínez, J. (2015). Evaluación Agrotécnica de la Combinada Cosechadora de Caña de Azúcar CASE IH 8800 y del Semirremolque Autobasculante de Fabricación Cubana en Suelos Arcillosos Pesados con Superficies Acanterada. La Habana, Cuba.

Mesa Rodríguez, F. J. (2019). XXVI Reunión Nacional de Variedades, Semillas y Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba.

Noriega, R. (2019). Evaluación de la tecnología de plantación Base Ancha en la Unidad Básica de Producción Cooperativa Yumurí. (Tesis de grado). Universidad Carlos Rafael Rodríguez de Cienfuegos.

Lofton, J., Tubana, B., Kanke, Y., Teboh, J., Viator, H., Dalen, M. (2012). Estimating sugarcane yield potential using an in-season determination of normalized difference vegetative index.Ottawa, Canada.

Organización Mundial de Alimento (FAO). (2015). Revista sobre Agricultura orgánica promueve experiencias para la conservación de suelos. Dirección de Internet: <http://www.fao.org/cuba/noticias/detailevents>

Oliva, L. M., Gallego, R., Fernández, G., Rubén, H. (2014). Fomento y reposición, de la Caña de Azúcar en Cuba. En S. Ignacio, G. Maribel, G. S. Sergio, C. Ramón (Ed.), Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar (pp. 79-106): Editorial AMA.

Orive José. (2015). La Sostenibilidad de la Industria Azucarera. XIII Congreso Internacional de Azúcares y Derivados. La Habana. Cuba.

Puchades Yaquelín., R. Rodríguez., J. Arteché., N. Bernal., H. Jorge y María T. Cornide. (2011): Base genética de los cultivares de caña de azúcar, explotados comercialmente en Cuba entre 1965 y 2008. Cuba & Caña. (1) 37-48.

Rivera, R. (2008). El cultivo de la caña de azúcar (*saccharum officinarum* L.) en la region de Cardel, (Tesis Doctoral) Centro de Veracruz. México.

Romero, R., Scandalaris, P. (2012). Página Web de NETAFIM. *Página Web de NETAFIM*. Dirección de Internet: <http://www.sugarcane crops.com>.

Rodríguez, L.D. A. (2016). INTAGRI. Obtenido de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades de la Caña de Azúcar. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-integrado-de-plagas-y-enfermedades-de-la-cania#sthash>

Rodríguez, I., Pérez, H., Cruz, O. (2010). Prácticas agrícolas establecidas para evitar la degradación de los suelos en la UBPC Tuinucu. Revista Cuba & Caña, (1), 51-56.

Rodríguez, J. L. (2003). ¿Por qué invertir en el sector azucarero? Foreign Trade, 38(1), 12-22.

Santana, I; González, R, Guillén, S; (2014). Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar. La Habana, Cuba.

Suárez, R. (2005). Caña de azúcar y sostenibilidad: enfoques y experiencias cubanas. (Tesis doctoral) La Habana, Cuba.

Scandaliaris. (2008). Plantación de caña de azúcar en surcos de base ancha.

Valera, C. (2018): Tratamiento hidrotérmico de microesquejes y yemas de caña de azúcar para prevenir enfermedades principalmente de origen bacterial.

Vera, M. (2013). Manejo agronómico de semilleros del cultivo de la caña de azúcar(*Saccharum spp.*) (Tesis de grado). Universidad Privada Antenor Orrego.

ANEXO 1. Esquema de producción de semilla.

