

**UCLV**  
Universidad Central  
"Marta Abreu" de Las Villas



**FCA**  
Facultad de  
Ciencias Agropecuarias

## TRABAJO DE DIPLOMA

**UCLV**  
Universidad Central  
"Marta Abreu" de Las Villas



**FCA**  
Facultad de  
Ciencias Agropecuarias

Departamento Agronomía

## **TRABAJO DE DIPLOMA**

**Influencia de marcos de plantación en el crecimiento y rendimiento agrícola en caña de  
azúcar cultivar C90-469**

Autora del trabajo Lisania Rojas Villarreal

Tutor del trabajo Dr.C Isbel Rodríguez Seijo

Santa Clara, junio 2018  
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

**Atribución- No Comercial- Compartir Igual**



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830  
Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

## ***Pensamiento***

*Los trapiches no pueden sacar de la caña más azúcar que la que ella contenga, y donde hay que ponerle azúcar a la caña es en el campo. Allí está la verdadera fábrica vegetal de azúcar. "*

*Álvaro Reinoso.*

## ***Dedicatoria***

*A mis padres que son lo más grande y bello que tengo en mi vida, quienes no han dejado de confiar en mí nunca y me han dado la libertad de decidir por mí misma. A ellos le debo quien soy hoy.*

## *Agradecimientos*

*A toda mi familia, en especial mis padres, hermana, sobrina, abuelos, tíos, mi novio y amigos por brindarme su apoyo incondicional durante los cinco años.*

*A los trabajadores del Banco de Semilla Registrada de la Unidad Empresarial de Base de Atención a Productores (UEB-APA) José María Pérez de la Empresa Azucarera Villa Clara, en especial a su director Ramón Viñales porque sin su esfuerzo y dedicación no se hubiera podido realizar el experimento.*

*A mi tutor Dr.C. Isbel Rodríguez Seijo por su inmensa paciencia, orientación, colaboración y disposición.*

*Al claustro de profesores, de alto grado científico y profesionalidad, que con amor, dedicación y exigencia contribuyeron al logro de esta meta.*

*A todos los que de una forma u otra han colaborado en la realización de este trabajo.*



**Resumen**

La investigación: influencia de marcos de plantación en el crecimiento y rendimiento agrícola en caña de azúcar cultivar C90-469, se realizó en el área de producción del banco de semilla certificada perteneciente a la Unidad Empresarial de Base de Atención a Productores (UEB-APA) José María Pérez de la Empresa Azucarera Villa Clara, ubicada en el municipio Camajuaní, durante el período de enero de 2017 a enero de 2018. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones y tres tratamientos con el objetivo de evaluar la influencia de los marcos de plantación 1,40 m, 1,60 m y 1,40 m + 0,40 m sobre el crecimiento y el rendimiento agrícola y sus componentes en el cultivar C90-469. Se evaluó la brotación y el ahijamiento, se determinó el largo y diámetro de la hoja + 1, el número de hojas activas y área foliar, así como el largo, diámetro y número de entrenudos por tallo y se determinó el índice de madurez. Para la determinación del estimado de rendimiento agrícola se tuvo en cuenta el número de tallos por metro lineal y el peso promedio de 10 tallos por tratamiento. En la distancia de plantación surco de base ancha se produjo un incremento del promedio de brotes por metro lineal, norma de ahijamiento y área foliar; el promedio de entrenudos, largo y diámetro de los mismos se comportó ligeramente inferior al resto de los tratamientos y se obtuvo un incremento significativo del número de tallos por metro lineal, alcanzándose un estimado de 89 991 tallos por hectárea indicador esencial por su incidencia en el rendimiento agrícola.

**Palabras clave:** caña de azúcar, marco de plantación, rendimiento

---

<b>Índice</b>	
1. Introducción.....	1
2. Revisión bibliográfica .....	5
2.1. Origen de la caña de azúcar y su expansión en Cuba .....	5
2.2. Clasificación taxonómica y características botánicas de la caña de azúcar ( <i>Saccharum</i> spp.).....	6
2.3. Tecnologías de plantación en caña de azúcar. ....	10
2.3.1. Plantación de la caña de azúcar en surco de base ancha .....	11
2.4. Características del cultivar C90–469.....	16
3. Métodos y procedimientos.....	19
3. 1. Indicadores morfológicos.....	21
3.1.1. Evaluación cuantitativa de la brotación y el ahijamiento .....	21
3.1.2. Determinación del largo y diámetro de la hoja + 1, del número de hojas activas y área foliar por tallo.....	21
3.1.3. Determinación del número de entrenudos, largo y diámetro. ....	22
3.2. Determinación del índice de madurez .....	23
3.3. Determinación del estimado de rendimiento agrícola.....	23
3.4. Estadística.....	23
4. Resultados y discusión.....	25
4.1. Indicadores morfológicos.....	25
4.1.1. Evaluación cuantitativa de la brotación y el ahijamiento .....	25
4.1.2. Determinación del largo y diámetro de la hoja + 1, del número de hojas activas y área foliar .....	27
4.1.3. Determinación del número de entrenudos, largo y diámetro .....	29
4.3. Determinación del estimado de rendimiento agrícola.....	34

5. Conclusiones.....	38
6. Recomendaciones.....	39
7. Referencias bibliográficas	

## **1. Introducción**

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*), se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales, abarcando en el 2016 más de 26 774 304 millones de hectáreas, (FAO, 2018). En Cuba las plantaciones cañeras abarcan más del 40 % de las áreas cultivables y el azúcar representa un renglón de exportación, además de unos 50 productos derivados (Jorge *et al.*, 2010a).

La caña de azúcar es un cultivo de la zona tropical y subtropical del mundo. Su capacidad productiva varía, entre las zonas cañeras tropicales y subtropicales, de 40 a 150 t/ha de caña y de 3,5 a 15 t/ha de azúcar. Es una planta que asimila muy bien la radiación solar, teniendo una eficiencia cercana a 2 % de conversión de la energía incidente en biomasa. Un cultivo eficiente, puede producir 150 toneladas de caña por hectárea por año (con 14 % de sacarosa, 14 % de fibra y 2 % de otros productos solubles). Su período de crecimiento varía entre 11 y 17 meses, dependiendo del cultivar y de la zona. Es un cultivo de los llamados permanentes, que se cosecha en períodos que oscilan entre 12 y 24 meses. La duración de la cepa tiene como promedio entre 5 y 10 cosechas, aunque esto varía bastante entre regiones y según las distintas prácticas fitotécnicas (Jorge *et al.*, 2010b).

El cultivo de la caña de azúcar en Cuba durante el «período especial» sufrió un fuerte descenso en su rendimiento agrícola, situación no superada aún. La esencia de la concepción estratégica del entonces Ministerio del Azúcar — MINAZ— hoy Grupo Azucarero AZCUBA, fue definida por nuestro Comandante en Jefe en abril del año 2002, al considerar "...la reestructuración del sector como única vía para bajar los costos y lograr la eficiencia económica" (Santana *et al.*, 2012).

De acuerdo con Anuario Estadístico de Cuba (2016), en la zafra 2014-2015 la superficie cosechada fue de 435,6 Mha con producción de 19,3 MMt de caña de azúcar donde se obtuvo como rendimiento promedio 44,3 t/ha.

La necesidad de alcanzar una producción eficiente de caña de azúcar, 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. En el mundo cañero, se emplea una amplia gama de distancias de plantación, que van desde 0,90 m hasta 1,80 m, y la mayoría de los productores coinciden en señalar que, dentro de ciertos límites, se obtienen incrementos en el rendimiento agrícola con las distancias menores, al aumentar el número de tallos por unidad de área (Barrantes *et al.*, 2015).

La distancia 1,40 + 0,40 m, conocida como surco de base ancha, tiene entre sus ventajas la de propiciar una hilera de caña más poblada, debido al mayor tamaño que alcanza la cepa, que se hace significativamente mayor, después de ser cosechada la caña planta, también se plantea la disminución de la compactación del suelo al transitar menos equipos por el área, tanto en el momento de la cosecha, como en la realización de otras labores culturales, lo que favorece la durabilidad de la cepa en estas plantaciones. La tecnología para la atención a plantaciones con estas distancias no requiere de la modificación de los equipos de cosecha, fertilización y cultivo, sólo es necesario la modificación del surcador que es sencilla y fácil de ejecutar (ETICA, 2016).

La tecnología permite aumentar los actuales niveles de producción de caña de azúcar por hectárea. Los surcos de base ancha constituyen un diseño de plantación que consiste en lograr una conformación especial del surco que permita ubicar la semilla en una banda ancha de 0,45-0,60 m, en lugar de la faja angosta que caracteriza al sistema tradicional. De esta manera se logra un surco con una banda de brotación que dispone de espacio suficiente para que se puedan establecer una mayor cantidad de brotes, lo que genera un surco bien conformado con una elevada densidad de cepas, o sea, una mayor cantidad de tallos por metro lineal (Bolaños, 2015).

El cultivar C90-469, recomendado en 2002, emerge en 2005 entre los cultivares que superan el 1 % de propagación nacional, año a partir del cual promedió una tasa de crecimiento anual de 0,7 %. Se caracteriza por altos rendimientos agrícolas y elevado contenido azucarero en plantaciones de frío y primavera para

cosechas de ciclos largo. Adaptable a suelos de mal drenaje y de floración escasa (hasta 5 %). Desde el punto de vista fitosanitario presenta resistencia intermedia a la roya, resistente al carbón, al virus del mosaico de la caña de azúcar y a escaldadura foliar (Santana *et al.*, 2012).

El cultivar C90–469 se caracteriza además por alcanzar una población de 14 tallos por metro lineal con una altura de 3,25 m. Dada su importancia es necesario estudiar el comportamiento agroproductivo de este cultivar ante diferentes marcos de plantación con el fin de lograr su potencial productivo. Teniendo en cuenta su potencial productivo y su importancia para alcanzar altos volúmenes de producción se hace necesario evaluar la respuesta del cultivar C90–469 ante diferentes marcos de plantación sobre el crecimiento y el rendimiento agrícola y sus componentes en las áreas cañeras pertenecientes a la Unidad Empresarial de Base de Atención a Productores (UEB-APA) José María Pérez de la Empresa Azucarera Villa Clara en Camajuaní.

Por esta razón se propone la siguiente **hipótesis**:

“Si se utiliza el marco de plantación surco de base ancha en el cultivar de caña de azúcar C90-469 entonces se obtendrá un mayor crecimiento y rendimiento agrícola”.

Para dar respuesta a la hipótesis se formularon los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Evaluar la influencia de diferentes marcos de plantación sobre el crecimiento y el rendimiento agrícola y sus componentes en el cultivar de Caña de Azúcar C90-469.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar la influencia de diferentes marcos de plantación sobre algunos indicadores del crecimiento en caña de azúcar cultivar C90-469.
2. Evaluar la influencia de los marcos de plantación en el rendimiento agrícola del cultivar C90-469.



## **2. Revisión bibliográfica**

### **2.1. Origen de la caña de azúcar y su expansión en Cuba**

El origen de la caña de azúcar es aún en nuestros días, un tema polémico y controvertido. Aunque se acepta en general su origen asiático, la zona específica del mismo no está claramente definida. Se cultiva en zona tropical y subtropicales, no obstante, alcanza su máxima producción en los trópicos. Se planta bajo diferentes condiciones edafoclimáticas, pero su desarrollo es mejor en un clima cálido y húmedo, con abundante luz solar (Martín *et al.*, 1987).

La caña de azúcar fue utilizada y cultivada desde los tiempos más remotos, lo cual motivó su difusión y los cruces que hacen muy difícil el estudio de sus orígenes. La teoría más comúnmente admitida señala *Saccharum robustum* L. como la especie botánica de inicio y a la isla de Nueva Guinea como el lugar de origen. Desde su centro de origen y dispersión, la caña de azúcar pasó por la India y fue llevada a Persia y Egipto a través de las invasiones árabes con las que se extendió por la cuenca del Mediterráneo a principios del siglo XVIII. Fue introducida en América, desde Europa, por Cristóbal Colón, en su segundo viaje en 1493 y plantada por primera vez en la isla La Española, hoy República Dominicana, de donde pasó a otras regiones del continente americano antes de ser introducida en Cuba (Humbert, 1965).

Según Díaz (1978), citado por Martín *et al.* (1987), la fecha de introducción documentada más antigua, se sitúa el 13 de mayo de 1516, por el puerto de Güincho, hoy Nuevitas, Provincia de Camagüey, a bordo de la carabela Avemaría. No obstante, esta fecha de introducción, la agroindustria azucarera no se estableció como tal hasta pasado varios años. Ya en el siglo XVIII los volúmenes de producción eran significativos para la época.

Diversas son las fechas que se citan con relación a la aparición de la industria del azúcar en Cuba. Ortiz en su libro el contrapunteo cubano del tabaco y el azúcar,

señala el año 1596 como la fecha de instalación del primer ingenio para fabricar azúcar de caña en La Habana (Funes, 2010).

En sus inicios, la industria azucarera se desarrolló a partir de las llamadas "cañas nobles", que no eran más que representantes de *S. officinarum* L. que fueron denominadas de esta forma por el grosor y la consistencia suave de sus tallos, así como por su alto contenido de azúcar. Entre los cultivares empleados en aquellos tiempos se destacó la caña Otahití o caña Borbón, que llegó a cultivarse a nivel mundial por sus altos rendimientos, pero fue sustituida al sufrir el ataque de un complejo de enfermedades. Se empleó entonces la Cheribon o caña transparente, que está representada por tres formas diferentes (clara, rayada y morada), por lo que recibió diferentes nombres en los países en que se cultivó. En Cuba se introdujo y se cultivó a gran escala durante bastante tiempo, llamándola Cristalina (AZCUBA, 2012).

## **2.2. Clasificación taxonómica y características botánicas de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.)**

Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la caña de azúcar según Bastidas (2011) es la siguiente:

Super Reino: Eucariota

Reino: Plantae

Subreino: Cormobionta

Disión: Spermathophyta

Sub-División: Magnoliophytina

Clase: Liliatae

Sub-Clase. Liliidae

Orden: Poale

Familia: Poaceae (Gramineae)

Sub-Familia: Panicoideae

Tribus: Andropogonoidea

Sub-Tribus: Saccharastrae

Género: Saccharum

Especies: Saccharum spp

La caña de azúcar es una poácea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio se forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña con la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, constituye el cultivo de mayor importancia desde el punto de vista de la producción azucarera, además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico (Alexander, 1985).

Morfológicamente se presenta en forma de macollas o plantones, constituidos a su vez de tallos aéreos cilíndricos, de tres a cuatro metros de longitud, en dependencia del cultivar y las condiciones de desarrollo. Se propaga asexualmente por medio de trozos o canutos que contienen las yemas. Cada yema puede desarrollarse en un tallo primario, el que a su vez, forma tallos secundarios y terciarios (Alexander, 1985).

De acuerdo con Diola y Santos (2012), la fenología de la caña de azúcar se divide en cuatro fases de desarrollo: a) brotación y establecimiento del cultivo; b) ahijamiento, entendiéndose como el período entre el final de la brotación hasta los 20 días después de plantada; c) gran período de crecimiento, fase que se inicia inmediatamente después del ahijamiento hasta los 270 días después de plantada; d) maduración, fase de síntesis y acumulación de azúcar, que dura de 270 a 360 días después de plantada.

Diola y Santos (2010) describen al ahijamiento como un proceso fisiológico de ramificación subterránea continua de los nudos compactados al brote primario. Este proceso proporciona al cultivo el número de tallos necesarios para una buena producción. Plantones formados tempranamente ayudan a producir tallos más gruesos y más pesados, en tanto, que los formados tardíamente mueren o permanecen cortos o inmaduros. El número máximo de plantones se alcanza entre 90 y 120 días. A los 150-180 días, por lo menos el 50 % de estos mueren y el número de plantones se estabiliza.

La caña de azúcar se desarrolla en forma de plantones, cuya parte aérea está formada por tallos, hojas, inflorescencias y semillas, mientras que la parte subterránea está compuesta por raíces y rizomas (Mozambani *et al.*, 2006).

La parte morfológica de la caña de azúcar de interés comercial es el tallo, que posee sacarosa industrializable. La composición química de los tallos es extremadamente variable en función de diversos factores como: la variedad del cultivo, edad fisiológica, condiciones climáticas durante el desarrollo y maduración; propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo; y tipo de cultivo (Marques *et al.*, 2001).

El tallo de caña de azúcar no presenta ramificaciones, su sección transversal es aproximadamente circular, diferenciado en segmentos compuestos por un nudo y un entrenudo. Los nudos son normalmente espaciados, en intervalos de 15 a 25 cm, siendo más espaciados en la parte superior del tallo o vástago, donde se produce la elongación y, más próximos entre sí, en la base de la planta (Blackburn, 1984).

Las hojas son compuestas por vaina y lámina foliar y se unen al tallo en la base de los nudos, de modo alternado en dos líneas opuestas al vástago (James, 2003).

La anatomía y morfología de la caña de azúcar reafirma la capacidad especializada de la planta para acumular grandes cantidades de sacarosa. Al igual que otros miembros de la familia Poaceae, las partes de la planta por encima del suelo comprenden una serie de nudos que se encuentran separados por

entrenados en los que se desarrollan las yemas y las hojas, generados por un meristema apical vegetativo. Los entrenudos contienen las estructuras celulares especializadas en la transferencia y el almacenamiento de la sacarosa. Cuando se induce la floración, el patrón de desarrollo de los meristemas apicales se modifica transformándose en un gran raquis ramificado con numerosas flores bisexuales. Las raíces se producen ya sea como raíces de las plántulas después de la germinación de una semilla o como raíces adventicias originarias desde el nudo de la caña (Rae *et al.*, 2014).

La caña de azúcar es una gramínea perenne, que macolla de manera abundante, en su fase inicial de desarrollo. Cuando se establece como cultivo, el autosombreado induce una inhibición del ahijamiento y una aceleración del vástago principal. El crecimiento en altura continúa hasta la ocurrencia de alguna limitación o supresión de agua, de bajas temperaturas o debido al florecimiento, siendo este proceso indeseable en cultivos comerciales (Rodrigues, 1995).

Para el proceso de maduración, el cultivo de caña de azúcar exige temperaturas bajas o déficit hídrico, para que exista reposo fisiológico y mayor acumulación de sacarosa en los tallos (Andrade, 2006). En la región sureste del Brasil, este proceso sucede de forma natural a partir de abril/mayo finalizando en agosto (Deuber, 1988).

La caña de un año (12 meses), plantada en septiembre-octubre, tiene su máximo desarrollo entre noviembre y abril, disminuyendo después debido a las condiciones climáticas adversas del periodo lluvioso, pudiendo ser cosechada a partir de diciembre en función de la plantación (Rodrigues, 1995).

Genotipos de caña de azúcar responden a la altura de corte y a la época de cosecha de los tallos, con relación al ahijamiento, y responden a la época de cosecha en relación con la productividad de los tallos. La reserva energética acumulada en la base de los tallos, por la altura del corte, favorece el rebrote de la caña de azúcar. La época de cosecha interfiere en la productividad de los tallos y de azúcar (Silva *et al.*, 2008).

### 2.3. Tecnologías de plantación en caña de azúcar.

La plantación de la caña de azúcar se realiza por medio de trozos del tallo que contiene entre tres y cuatro yemas y es depositado en el fondo del surco, cubriéndose ligeramente con tierra para en posterior brotación. Las diferentes tecnologías de plantación están determinadas fundamentalmente por el tipo de suelo y su drenaje interno y externo; clasificándose en plantaciones en camellón (camellón), en bancos o bancales y en el surco (Torres *et al.*, 1990).

**Camellón o cantero:** el principio básico es la formación de los canteros a una distancia entre surcos de 1,60, con surcos profundos que actúan como zanjas de drenaje, plantándose la caña encima de los canteros. La altura del cantero con respecto al fondo del surco es de alrededor de 40-45 cm. En Cuba ha sido utilizado para resolver el problema de la plantación de la caña en los suelos oscuros plásticos y los resultados obtenidos son satisfactorios (Torres *et al.*, 1990).

**Bancos o bancales:** consiste en abrir en los campos a intervalos de 6,6 m o más, canales de drenaje que permitan el escurrimiento del agua proveniente de las fuertes lluvias sin causar erosión en el suelo y eliminando el exceso de humedad. Los drenajes tienen aproximadamente un ancho de 45 cm por una profundidad igual. Cuando utilizamos bancos de 6,6 m la caña se planta normalmente en surcos con una distancia de camellón de 1,30 m. Para facilitar las labores mecanizadas, los espacios entre los surcos extremos en los bancos son generalmente mayores que las de los surcos dentro del banco. Aquí hay considerable área de suelos dedicada a los drenajes, representando en este caso, un 7 % del total de área. En algunos lugares los bancos tienen 7,2 m de separación entre drenajes y las distancias de camellón es de 1,80 m, en cuyos casos no hay pérdidas de área para el cultivo. El tamaño de los bancos no es fijo, sino que está en dependencia de las distancias comunes de camellón en cada país o zona y de la pendiente del suelo (Torres *et al.*, 1990).

**En surcos:** Este es el método más utilizado y es apropiado para suelos de buen drenaje interno y superficial, donde no exista peligro de perder la plantación por

exceso de humedad. Aquí los surcos son abiertos a profundidades que oscilan entre 25 cm y 30 cm. Cuando los suelos son menos profundos, o presentan problemas con el drenaje interno, los surcos se realizan a profundidades entre 15 cm y 20 cm (Torres *et al.*, 1990).

En general para las condiciones de Cuba, este método es el más utilizado, limitándose a efectuar las plantaciones en el camellón en aquellos suelos oscuros plásticos, ya que los mismos presentan grandes problemas para su plantación, pues si esta se efectúa en mayo se corre el riesgo por perderla por exceso de humedad y si se planta antes y el año se presenta seco, también se puede perder por falta de humedad. Además, con el método de plantación en cantero podemos prolongar más los meses de plantación en estos suelos con limitaciones de drenaje (Torres *et al.*, 1990).

### **2.3.1. Plantación de la caña de azúcar en surco de base ancha**

En Cuba, al triunfo de la Revolución predominaban distancias de 1,40 m y 1,50 m entre surcos. La distancia de 1,60 m se estableció como norma generalizada a finales de los años 60 del pasado siglo para acomodar la incipiente mecanización de la cosecha con cosechadoras KTP, que se montaban sobre las estructuras de cosechadoras de cereales soviéticas, de ancha trocha (Gómez *et al.*, 2015).

Según lo propuesto por Gómez *et al.* (2015), la mayoría de los especialistas en la materia coinciden en que un campo de caña bien desarrollado debe tener como cantidad óptima entre 95 000 y 100 000 tallos por hectárea y con la distancia de 1,60 m entre surcos tienen como promedio de 75 000 a 80 000 tallos.

Varios investigadores señalan que la cantidad de tallos que se obtiene con esta distancia de plantación no permiten obtener una producción óptima de caña por hectárea. Martínez (1992), al hacer una revisión de las distancias de plantación en caña de azúcar más utilizadas en Cuba, concluyó que la cantidad de tallos molibles que se producen con la distancia comercial de 1,60 m es insuficiente.

Clásicos de la literatura cañera mundial como son Reynoso (1862), Dillewijn (1952) y Humbert (1965) señalan el marcado efecto que ejerce el número de tallos

en los campos de caña en el rendimiento agrícola y el control de las plantas indeseables. Igualmente, García y Toledo (1987) señalan que la densidad de población, es decir, el número de tallos por unidad de área es probablemente uno de los factores que más puede decidir en el incremento del rendimiento agrícola.

En tal sentido Gómez *et al.* (1988), al estudiar un nuevo método de resiembra plantean que unos de los principales problemas agrotécnicos en el cultivo ha sido la despoblación existente en nuestros campos por su marcada incidencia en los posibles rendimientos por área a obtener. Señalan que, por ello los productores de caña de azúcar deben prestar cada día mayor atención al sellaje de los campos que permite además mejor competencia del cultivo con las malas hierbas. Al respecto Álvarez (1985), refiere que la población de la caña es el principal factor que afecta el rendimiento agrícola en Cuba.

Como se puede observar muchos autores coinciden en plantear la importancia de aumentar la densidad de población para obtener mayores rendimientos en el cultivo de la caña de azúcar.

Precisamente este aspecto ha sido uno de los temas más investigados en Cuba con más de cien experimentos y extensiones de diversos autores, entre ellos; Piñero *et al.* (1988); Martínez *et al.* (1992); García *et al.* (1994); Hernández y Díaz (1999).

Por otra parte, como es sabido, el cierre más rápido del campo permite una mejor competencia del cultivo con las arvenses. En tal sentido Díaz *et al.* (1997), señala además que independientemente de la localidad en que fueron evaluados diferentes cultivares, en las distancias más estrecha, presentan un cierre de campo más temprano, con una diferencia de 2,3 meses como promedio.

Como se puede apreciar, en Cuba casi todos los resultados reflejan grandes beneficios en el rendimiento de caña (en algunos casos también en contenido de azúcar) y en el control de arvenses con la disminución de la distancia de plantación. Similares resultados se han reportan también a nivel mundial durante décadas.

Irving (1980), en recopilación de resultados de varios países concluyó que las distancias de plantación eran inferiores en siglos anteriores al XX y se ampliaron en este para acomodar la mecanización con la introducción del tractor. Todavía en países con escaso uso de la mecanización (como India y Egipto) las distancias estrechas son una práctica generalizada en caña de azúcar.

Díaz *et al.* (2003), realizaron un nuevo análisis integral de 63 experimentos y extensiones, donde se obtuvo que el estrechamiento de la distancia entre surcos desde 1,6 hasta 0,9 m produjo incrementos considerables en los rendimientos de caña por hectárea en todos los suelos, cultivares, tipos de cepa y edades de cosecha. El estrechamiento de la distancia entre surcos desde 1,6 m hasta 0,9 m produjo un adelanto del cierre del campo de alrededor de dos meses y como consecuencia, una reducción del 50 % del número y costo total de las labores de deshierbe

García (1998), a partir de 25 experimentos en varias provincias y miles de hectáreas de producción (principalmente en Santiago de Cuba), ratificó que el estrechamiento de las distancias hasta 0,9 m - 1 m y los surcos de base ancha de 0,4 + 1,40 m, incrementaron los rendimientos de caña y la eficiencia económica en todos los cultivares y tipos de suelos, aunque dichos incrementos eran mayores en los cultivares de crecimiento erecto y cierre tardío. También concluyó que la necesidad de fertilizantes no variaba entre las distancias comparadas y que en distancias estrechas era suficiente el empleo de densidades de semilla en la siembra de 8 yemas por metro en cultivares de buena germinación y 12 yemas por metro en las de mala germinación.

La plantación en surcos de base ancha es un tema que se ha comenzado a estudiar nuevamente durante los últimos años en varios países productores de azúcar como Brasil, Australia, Estados Unidos, India, Mauricio y Taiwán reportándose resultados que demuestran incremento en la población y el rendimiento y que es posible la mecanización de las labores desde la plantación hasta la cosecha. Al respecto Coleti (1994) reseña exhaustivamente las investigaciones, así como los resultados de producción en más de 150 000

hectáreas, en Brasil, donde las distancias estrechas (entre 0,90 m y 1,10 m) siempre resultaron superiores en rendimientos a las tradicionales de 1,40-1,50 m, durante todo el ciclo, hasta cuarto o quinto corte. Como promedio, la productividad se elevó en 1 % por cada 3 cm de disminución en la distancia entre surcos. Presenta además las soluciones desarrolladas para la cosecha mecanizada y demás labores, desde el surque hasta el cultivo mecanizado.

También en Argentina Scandaliaris y Sotomayor (2008), describen una tecnología donde se propone aumentar los actuales niveles de producción de azúcar por hectárea, con el uso de los surcos de base ancha. Los surcos de base ancha constituyen un diseño de plantación que consiste en lograr una conformación especial del surco que permita sembrar en una banda ancha de 0,45 m-0,60 m, en lugar de la faja angosta que caracteriza al sistema tradicional. De esta manera se logra un surco con una banda de brotación que dispone de espacio suficiente para que se puedan establecer una mayor cantidad de brotes, lo que genera un surco bien conformado con una elevada densidad de cepas. Para realizar los surcos de base ancha, se desarrolló un equipo que está compuesto por un surcador, completado por dos discos que terminan de realizar la extracción de tierra, dejando bien conformado el surco con una cresta en el medio, que permite la separación de la semilla de caña.

Chowing (2005), refiere que las dos distancias entre hileras más comúnmente usadas en Mauricio son 1,45 m y 1,62 m. En 1999 se inició un nuevo proyecto en el cual la caña de azúcar fue plantada con altas densidades utilizando dos espacios, denominados surcos dobles o surcos estrechos; estos consisten en dos pares de surcos separados a 0,50 m con 1,80 m entre centro y centro de las dobles hileras. Esta distancia fue comparada con el surco estándar a 1,60 m, concluyendo que los surcos dobles incrementaron significativamente la producción de caña, produjeron ahorro en el control de arvenses y mejoraron la eficiencia de las máquinas cortadoras de caña. No se produjeron incrementos en las necesidades en material de plantación y en fertilizantes. Es por ello que esta

nueva tecnología fue recomendada a principios de 2006 y fue adoptada de forma comercial para incrementar la productividad del cultivo.

Lindsdale (1998), señaló que el beneficio más obvio de las altas densidades de siembra es un incremento del rendimiento agrícola. Experimentos realizados en varias localidades como Mackay, Bundaberg y Harwood mostraron aumentos del rendimiento agrícola de 20-25 % con surcos dobles o de base ancha (par de surcos separados a 0,5 m y 1,8 m entre centros de estos, o sea, 1,3 m de entresurco) y más de 50 % con surcos a distancias estrechas (surcos continuos separados a 0,5 m).

Bull *et al.* (2000), refieren que el programa de siembras a distancias estrechas o de alta densidad ha confirmado el potencial de incrementar significativamente los rendimientos a través del uso de surcos dobles o de base ancha y de surcos a distancias estrechas. Los surcos dobles o de base ancha han demostrado ser atractivos a los productores, ya que estos pueden ser ensayados fácilmente en sus propias granjas, con poca o ninguna modificación a su equipamiento. Consecuentemente, ya se han sembrado grandes áreas por toda la agroindustria y los productores están aprendiendo sobre la marcha cómo manejarlas. Los surcos dobles o de base ancha ofrecen muchas otras ventajas, además de aumentar los rendimientos y representan el primer paso importante hacia la introducción de sistemas agrícolas más productivos, rentables y sostenibles en la agroindustria azucarera.

Angulo *et al.* (1996) reportaron que en un experimento para valorar el efecto agroindustrial inducido por tres distancias de siembra sobre dos cultivares comerciales de caña, el mejor comportamiento se alcanzó con la modalidad de siembra de “surcos gemelos”, la cual constituye una alternativa de manejo eficiente de plantaciones para la región de Guanacaste. Agrega que la utilización de cultivares erectos representa la mejor opción para el uso del “surco gemelo” en siembras comerciales.

De acuerdo con Gómez *et al.* (2015) las principales ventajas del sistema de plantación surco de base ancha en caña de azúcar son:

1. Se logra disminuir la distancia entre hileras sin variar las tecnologías actuales de atenciones culturales y de cosecha.
2. La distancia de centro a centro de camellón (1,80 m) se ajusta perfectamente a la trocha de los nuevos equipos que se están adquiriendo para la cosecha.
3. Para realizar cualquier labor se recorren 695 m menos en cada hectárea que con distancia de plantación de 1,60 m y 1 111,2 m comparado con la distancia de 1,50 m.
4. La plantación en surcos de base ancha se considera una práctica agronómica para contrarrestar los efectos de la sequía.
5. Se obtiene mayor porcentaje de brotación.
6. Cierre del campo más rápido al ser menor la distancia de camellón.
7. Se obtiene mayor número de tallos por hectárea.
8. Incremento significativo del rendimiento agrícola

El diseño de plantación surcos de base ancha (0,40-0,60 m en la base del surco, distanciados a 1,60 m), al permitir incrementos promedios de producción del 15 % al 20 %. Este diseño permite mejorar la población de tallos y optimizar la capacidad productiva de la caña de azúcar, debido fundamentalmente a la mejor distribución de la semilla en la base del surco, favoreciendo el contacto caña semilla-suelo, evitando interferencias mecánicas entre yemas y por lo tanto mejorando la brotación. Además, cada tallo primario tiene mayor espacio para el macollaje, influencia que se mantiene en las sucesivas socas. Si bien este diseño genera los máximos incrementos en caña planta, se registran aumentos de producción durante toda la vida del cañaveral, que equivalen a obtener una cosecha adicional (Digonzelli, 2009).

#### **2.4. Características del cultivar C90-469.**

El cultivar C90-469, recomendada en 2002, emerge en 2005 entre las cultivares que superan el 1 % de propagación nacional, año a partir del cual promedió una

tasa de crecimiento anual de 0,7 %. Cierra 2011 ocupando el 4,6 % del área cañera, válido para mantener el cuarto lugar alcanzado el pasado año. La mayor tasa de crecimiento alcanzada en el período fue de 1,3 % entre 2006 y 2007. Alcanza altos rendimientos agrícola y elevado contenido azucarero en plantaciones de frío y primavera para cosechas de ciclos largo. Adaptable a suelos de mal drenaje y de floración escasa. Genotipo resistente a VMCA (virus del mosaico de la caña de azúcar), carbón (*Sporisorium scitamineum* (Syd.) M. Piepenbr., M. Stoll & Oberw.) y a escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson), así como intermedio a roya (*Puccinia melanocephala* H. and P. Sydow) en foco de infección (Santana *et al.*, 2012).

Según Suárez *et al.* (2010), el tallo es de color morado amarillento con visos verdosos, entrenudo de forma recta y en ocasiones ligeramente zigzagueante, 325 cm de altura y 2,6 cm de diámetro, buena calidad interna del tallo. El entrenudo es cilíndrico y en ocasiones conoidal, de 13,6 cm de longitud, sin rajaduras de crecimiento, rayitas de corcho, canal de la yema y marcas de temperatura, banda cerosa abundante distribuida por todo el entrenudo. Anillo de crecimiento recto frente a la yema.

Yema obovada, en ocasiones redonda, separada de la cicatriz foliar, pero toca el anillo de crecimiento.

El follaje es de color verde, limbo con 163 cm de longitud, 5,3 cm de diámetro, dewlap triangular con margen basal cóncavo, aurícula transicional y en ocasiones lanceoladas, lígulas en formas de media luna. Vainas verdes con 33,5 cm de longitud, 9 cm de diámetro. Presenta 7 hojas activas y posee pocas espinas.

Según Suárez *et al.*, 2010, este cultivar se caracteriza además por poseer buena brotación, hábito de crecimiento erecto, cierre temprano de campo, despaje regular, escasa floración (5 %), regular retoñamiento, con una población de 14 tallos por metro lineal, 13,5 % de fibra en sus tallos. Presenta elevado rendimiento agrícola y buen contenido azucarero. Cultivar que muestra tolerancia a mal drenaje. Se recomienda plantar en suelos Fersialítico pardo rojizo y Oscuro plástico. Apta para la mecanización.

Los meses óptimos de plantación es mayo junio, en la época de primavera, cosechándose a los 18 – 20 meses de edad en los meses diciembre – enero. También puede plantarse en los meses de julio septiembre, en la campaña de frío, cosechándose a los 16 – 18 meses de edad en los meses febrero – marzo.

De acuerdo con Jorge *et al.* 2010, este cultivar se sugiere cosecharlo para el mes de febrero por su alto rendimiento azucarero y bajos valores de los azúcares reductores en esta fase de la zafra azucarera en Cuba.

### **3. Métodos y procedimientos**

La investigación se realizó en el área de producción del banco de semilla registrada perteneciente a la Unidad Empresarial de Base de Atención a Productores (UEB-APA) José María Pérez de la Empresa Azucarera Villa Clara, en un suelo ferralítico rojo según la última clasificación de los suelos en Cuba (Hernández *et al.*, 2015), ubicada en el municipio de Camajuaní, durante el período de enero de 2017 a enero de 2018.

La fecha de plantación fue el 4 de febrero de 2017, el cultivar empleado fue C90-469; el diseño experimental utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones y tres tratamientos con un total de nueve parcelas, en este caso los tratamientos consistieron en evaluar distintas distancias de plantación (distancias de camellón) empleadas en la actualidad en los países productores de caña de azúcar: 1,40 m; 1,60 m y surco de base ancha (1,40 m + 0,40 m) a surco corrido con estacas sencillas de tres yemas. La longitud de los bloques fue de 10 m y la distancia entre tratamientos y bloques de 1m.

La semilla empleada fue una semilla registrada RI, de 10 meses de edad obtenida en el propio banco de semilla. Este cultivar fue seleccionado por su adaptabilidad y los buenos rendimientos mostrados en comparación con el resto de los cultivares en condiciones de producción en las áreas de la Unidad Empresarial de Base de Atención a Productores (UEB-APA) José María Pérez de la Empresa Azucarera Villa Clara.

A la semilla se le aplicó tratamiento hidrotérmico (HTT) y químico. El cual consistió en el remojo con circulación constante de agua a temperatura ambiente durante 24 horas, tratamiento hidrotérmico (HTT) a 53 °C durante 20 minutos; enfriamiento inmediato en solución fungicida propiconazol, nombre comercial *Salto Ecna 25* durante 15 minutos y por último reposo a la sombra durante 24 horas (INICA, 2010).

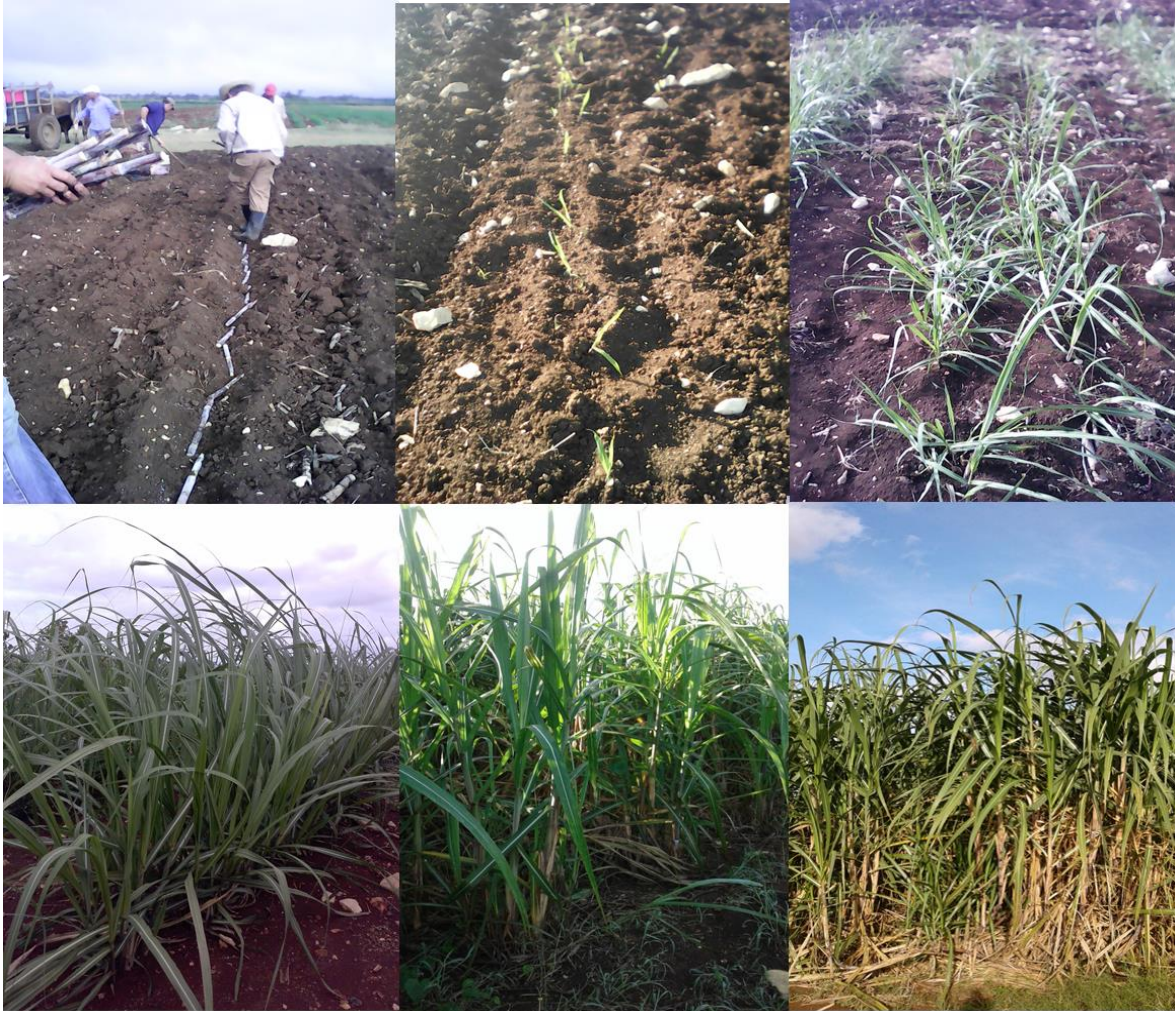


Figura 1. Área experimental.

El corte de la semilla y la plantación fue manual. El trazado de los surcos con tracción animal y arado de vertedera No.2 a una profundidad de 30cm. La distancia de camellón, que en este caso consistió en la variable dependiente de la investigación, fue para el tratamiento I de 1,40m, tratamiento II, 1,60 y el tratamiento III surco de base ancha, o sea, dos surcos a 0,40 m y el próximo surco a 1,40m, de modo que de centro a centro de cepa existía una distancia de 1,80m; la distancia de narigón para todos los casos se desprecia pues se emplea la plantación de las estacas a surco corrido, empleando estacas con tres yemas activas. El tape de la semilla se realizó con 8 cm de espesor. Para garantizar

uniformidad en la brotación se aplicaron dos riegos con aspersion con una norma neta de 50 m<sup>3</sup>/ha.

Para el análisis de la incidencia de las variables agrometeorológicas: precipitaciones, temperaturas, humedad ambiental relativa se utilizaron los datos procedentes de la estación meteorológica 78348 ubicada en el municipio Caibarién.

### **3. 1. Indicadores morfológicos**

#### **3.1.1. Evaluación cuantitativa de la brotación y el ahijamiento**

A los días 30 días de plantada se determinó el promedio de brotes por metro lineal: se muestrearon 30 m lineales por tratamiento y el total se dividió entre 30 determinándose el número de brotes totales.

A los 126 días de plantada, después de concluir esta fase fenológica se determinó el promedio de brotes por metro lineal, se localizó el punto de origen de cada vástago y se clasificaron en tallo madre, tallos de segundo orden y tallos de tercer orden: se muestrearon 30 m lineales por tratamiento y el total se dividió entre 30 y se determinaron el número de brotes totales.

En las parcelas del tratamiento surco de base ancha se consideró la suma de los valores de las dos hileras ya que en el momento de la cosecha se considera como un solo surco.

#### **3.1.2. Determinación del largo y diámetro de la hoja + 1, del número de hojas activas y área foliar por tallo**

A los 126 días después de plantada para determinar el diámetro (cm) se seleccionó el centro de la hoja doblando el ápice y haciéndolo coincidir con el dewlap o cuello de la hoja. Para determinar el largo se midió desde el dewlap hasta el ápice. Según metodología (Fernández *et al.*, 1990) Se contaron las hojas fisiológicamente activas, según clasificación de Kuijper, 1915; citado en Dillewijn (1952), comenzando por la hoja +1 en dirección a la base del tallo y posteriormente hasta las hojas 0, -1, -2, -3, -4 en dirección al ápice del tallo.

Para la determinación el área foliar se emplearon las siguientes fórmulas:

Área foliar =  $l \cdot a \cdot f$  (para una hoja)

$A_t = \Sigma(l \cdot a) f$  (para las hojas de una planta.) según (Torres *et al.*, 2002)

Para la determinación del coeficiente de cada hoja, se empleó la siguiente ecuación.

$$f = \frac{A_h}{l \cdot a}$$

Donde.

$A_h$  : Área de la hoja

$l$  : Largo del limbo de la hoja

$a$  : Ancho del limbo de la hoja en la zona más ancha ( centro del limbo)

$f$  : Coeficiente de área foliar (factor)

### **3.1.3. Determinación del número de entrenudos, largo y diámetro.**

A los 146 y 259 días de plantada a partir del primer dewlap visible, se realizó un conteo iniciando por el entrenudo + 1 hasta el entrenudo de la base del tallo en la superficie del suelo. En dirección basípetal se midió el largo de los entrenudos con una regla milimetrada en cm desde la cicatriz foliar del nudo superior con relación al nudo inferior correspondiente al entrenudo + 4. Para el diámetro de los entrenudos se seleccionó el entrenudo +4 tomando como referencia el centro del mismo, se determinó el diámetro en cm con un pie de rey (Kuijper, 1915; citado en Dillewijn, 1952).

Se tomó como referencia el entrenudo +4 ya que se caracteriza por lograr alcanzar su máximo crecimiento, aunque mantenga la hoja adherida y verde, no crecerá más. Por lo cual es el entrenudo más adecuado para realizar mediciones del crecimiento

### **3.2. Determinación del índice de madurez**

A los 340 días se realizó el cálculo del índice de madurez donde se empleó la siguiente fórmula  $\text{Índice de madurez} = \frac{\text{Brix Superior}}{\text{Brix Inferior}}$

Donde:

Brix superior: se determina en el entrenudo +7.

Brix superior: se determina en el entrenudo que se encuentra en la base del tallo (entrenudo basal).

Según metodología de Kuijper, 1915; citado en Dillewijn, 1952.

Los sólidos solubles totales (SST) presentes en el jugo, expresados como porcentaje, incluye a los azúcares y a compuestos que no son azúcares. Se midieron en el campo, en la misma plantación, utilizando un refractómetro manual (Atago PR-101α®, Tokio, Japón) (de 0 a 32 %). Para esto se perforaron varias plantas y se colectó su jugo para formar una muestra compuesta que fue analizada. Luego se pone la gota del jugo compuesto en el refractómetro manual y se hace la medición de grados. El campo circular del visor se oscurece a medida que aumenta el nivel de Brix, que puede ser leído fácilmente.

### **3.3. Determinación del estimado de rendimiento agrícola**

A los 340 días se contó el número de tallos en 10 metros lineales en el surco del centro de cada parcela para desechar el efecto de borde donde en el tratamiento surco de base ancha se consideró la suma de los valores de las dos hileras ya que en el momento de la cosecha se considera como un solo surco. Se tomó al azar el promedio de tallos por cada tratamiento estudiado y se pesaron con una balanza con gancho marca SPB 22 de procedencia alemana con un peso máximo de 23 Kg; los datos se expresaron en kilogramos.

### **3.4. Estadística**

Para el procesamiento estadístico de los resultados se aplicaron análisis de varianza (ANOVA), en correspondencia con el esquema de campo utilizado,

comprobándose el cumplimiento de los supuestos básicos para el análisis de la varianza, en particular la homogeneidad de la misma. Se aplicó la prueba LSD de Fischer para  $p \leq 0,05$  para las comparaciones de medias, empleándose el paquete Statgraphics Plus 5.1 (2000).

## 4. Resultados y discusión

### 4.1. Indicadores morfológicos

#### 4.1.1. Evaluación cuantitativa de la brotación y el ahijamiento

A los 30 días de plantada el tratamiento base ancha contaba con un promedio de 7,1 brotes por metro lineal, prácticamente el doble que los alcanzados en los tratamientos de 1,40 m y 1,60 m, (Tabla 1) promedio que es muy superior a la norma exigida, de acuerdo con (Fernández *et al.*, 1990) un brote cada 0,50 m es suficiente para que el cierre del campo sea adecuado; este resultado está dado en que el experimento fue desarrollado en las áreas del banco de semilla registrada José María Pérez, donde se exige dentro de las normas fitosanitarias el tratamiento hidrotérmico de la semilla antes de ser plantada a 53 °C durante 20 minutos con lo cual se logra eliminar el efecto del gradiente de brotación, posibilitando que todas las yemas puedan emerger en igualdad de condiciones.

**Tabla 1. Promedio de tallos y ahijamiento por metro lineal a los 30 y 126ddp**

<b>Tratamientos (Marco de plantación)</b>	<b>Promedio de brotes por metro lineal 30 ddp</b>	<b>Promedio de ahijamiento por metro lineal 126ddp</b>
1,60m	3,8b	29,3b
1,40m	3,6b	27,6b
Base ancha	7,1a	43,9a
$EE\bar{X} \pm$	0,27	0,75

(a, b, c) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por LSD para  $p \leq 0,05$

ddp: días después de plantada

Con relación al ahijamiento, una vez concluido esta fase fenológica, se pudo comprobar que existían diferencias significativas entre el tratamiento surco de base ancha con relación al resto de los tratamientos. El polinomio de ahijamiento para los cultivares comerciales de caña de azúcar es de siete tallos aproximadamente, de acuerdo con (Fernández *et al.*, 1990) un tallo primario, tres

tallos de segundo orden tres tallos de tercer orden y en ocasiones un tallo de cuarto orden.

A los 126 días de plantada el surco de base ancha tenía 43,9 tallos por metro lineal, superior al tratamiento de 1,40 m con 27,6 tallos por metro lineal y al tratamiento 1,60 m con 29,3 tallos por metro lineal como promedio.

**Tabla 2. Cálculo de la brotación por m<sup>2</sup>**

<b>Tratamientos (Marco de plantación)</b>	<b>Brotación/m<sup>2</sup></b>	<b>Ahijamiento/m<sup>2</sup></b>
1,40m	2,57	19,71
1,60m	2,37	18,31
Base ancha	2,94	23,8

El ahijamiento se incrementa por m<sup>2</sup> porque hay más brotes y tallos primarios por unidad de área, pero el coeficiente en realidad es menor (por brote o tallo primario). O sea, la caña ahíja menos en el marco de plantación base ancha, mecanismo de autocompensación autorregulación, pero como tiene más tallos primarios por m<sup>2</sup> la suma total de tallos secundarios, terciarios, etc, es mayor que el marco tradicional de 1,60 m y el marco de plantación 1,40 m.

El cierre de campo más rápido en el surco de base ancha es uno de los resultados más importantes, pues limitó la presencia de las arvenses. Esto coincide con lo reportado por García y Toledo (1987), Gómez *et al.* (2011) al referir que entre el cierre más rápido y la cantidad de arvenses, se establece una correlación inversa. Por su parte, Díaz *et al.* (1997), señalan que el estrechamiento de la distancia entre surcos, desde 1,6 m hasta 0,9 m, produjo un adelanto del cierre del campo de alrededor de dos meses y como consecuencia, una reducción de 50 % del número y costo total de las labores de deshierbe integral (manual, cultivo y herbicidas). Por otra parte, ETICA (2015), refiere que al incrementarse la población de tallos el follaje de la caña cubre toda el área, lo que reduce la evaporación del agua en la zona descubierta de la superficie del suelo, el sistema

radical aprovecha mejor la escasa lluvia y utiliza un mayor volumen de la humedad presente.

#### **4.1.2. Determinación del largo y diámetro de la hoja + 1, del número de hojas activas y área foliar**

En el indicador diámetro de la hoja +1 no se encontraron diferencias significativas entre el marco de plantación surco de base ancha con relación al resto de los tratamientos, pero sí se da una diferencia notable entre los tratamientos 1,60 m y 1,40 m (Tabla 2). El largo de la hoja tuvo un mejor comportamiento en el tratamiento 1,60 m, en este indicador las diferencias significativas estuvieron entre los tratamientos base ancha y 1,60 m con relación al marco de plantación 1,40 m.

El largo de la hoja se va reduciendo proporcionalmente con la disminución de la distancia entre surcos (Tabla 2), lo cual indica efectos de la competencia intraespecífica por la luz.

Las evaluaciones realizadas al número de hojas activas por planta en cada uno de los tratamientos a los 126 días después de plantada no difiere significativamente, no obstante en los tratamientos estudiados se puede observar que la variante surco de base ancha mostró un mayor incremento en el promedio del número de hojas (8,7 hojas) que el tratamiento 1,40 m (8,2 hojas) y que el tratamiento 1,60 m que presentó como promedio (7,7 hojas) lo que muestra un mayor ritmo en el crecimiento en el marco de plantación surco de base ancha que en el resto de los tratamientos estudiados, diferencias éstas importantes para la producción fotosintética en esta etapa en la cual comienza el gran período de crecimiento y la formación de fitómeros del tallo por encima del suelo.

La evaluación realizada al número de hojas activas por tallo a los 126 días después de plantada coincide con lo planteado por Jorge *et al.* (2010b) donde el número de hojas activas se encuentra por encima de siete en los tres tratamientos. Esto puede estar dado porque al haber menor espacio incide menos cantidad de luz solar lo cual proporciona una mayor concentración de hormonas

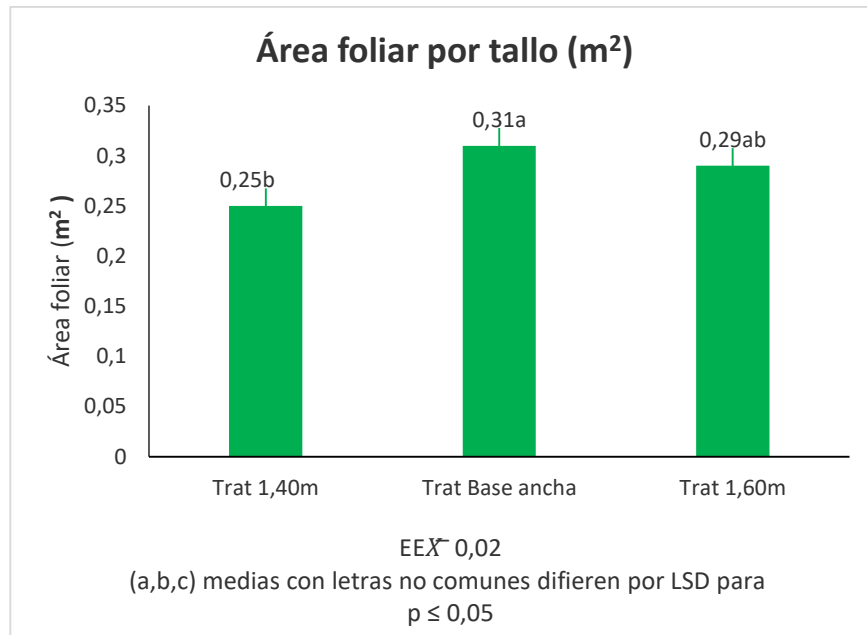
del crecimiento vegetal y por lo tanto se emiten mayor número de hojas (Benda y Dunckelman, 1987).

**Tabla 3. Diámetro, largo y número de hojas activas de C90-469 a los 126 ddp**

<b>Tratamientos (Marco de plantación)</b>	<b>Diámetro o de la hoja (cm)</b>	<b>Largo de la hoja (cm)</b>	<b>Número de hojas activas por tallo</b>
1,40m	3,1b	131,4b	8a
Base ancha	3,2ab	140,6a	9a
1,60m	3,4a	143,1a	8a
$EE\bar{X} \pm$	0,11	2,17	0,43

(a, b, c) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por LSD para  $p \leq 0,05$

El área foliar en el marco de plantación surco de base ancha al concluir el cierre del campo (126 días después de plantada) fue de 0,31 m<sup>2</sup> lo cual es significativamente superior que en el resto de los tratamientos, debido a que posee mayor número de hojas activas por planta (Figura 2). Según Van Dillewijn (1952) Fernández *et al.* (1990) en la caña de azúcar el área foliar, una vez concluido el gran período de crecimiento, oscila entre 0,47 m<sup>2</sup> y 0,50 m<sup>2</sup> por planta en tallos con un promedio de 10 hojas.

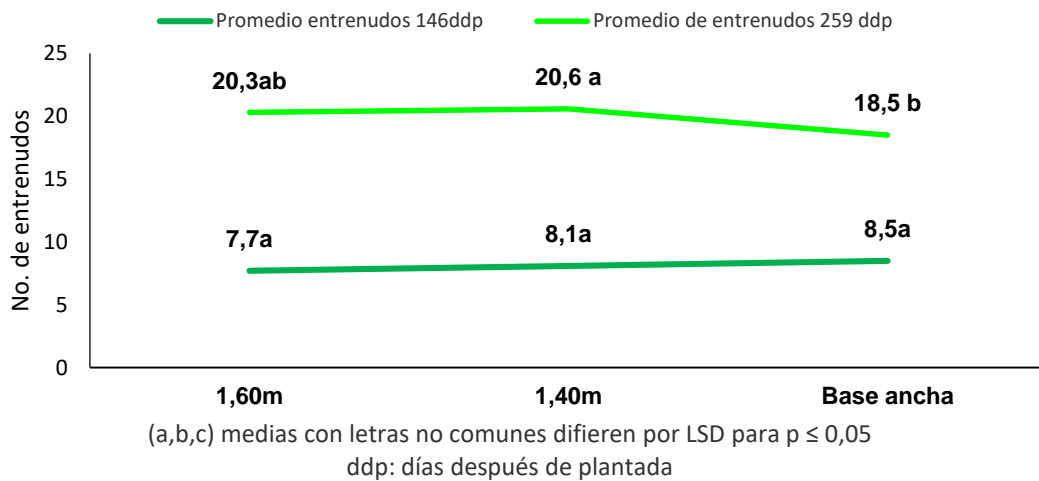


**Fig.2. Área foliar a los 126 días después de plantada por tallo según tratamientos**

#### 4.1.3. Determinación del número de entrenudos, largo y diámetro

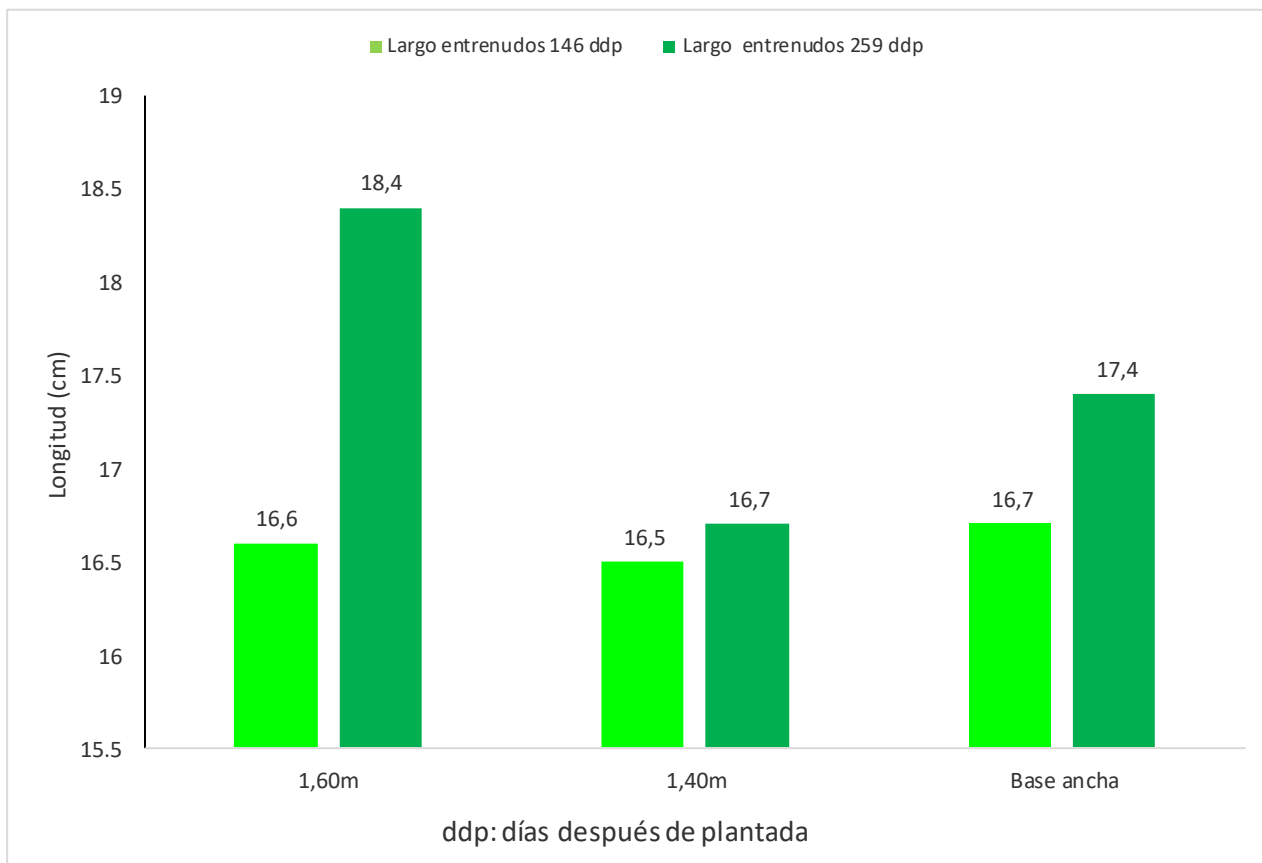
Como se puede observar, no se presentaron diferencias significativas en el número de entrenudos al cierre del campo, no obstante, al finalizar el gran período de crecimiento la diferencia más notable en este indicador estaba entre el marco de plantación 1,40 m con un promedio de (20,6) con relación al surco de base ancha (18,5) o sea, hay una tendencia a la disminución del número de entrenudos y por tanto en el largo de los tallos lo que se compensa con el números de tallos por metro lineal (Figura 3).

Las tendencias de crecimiento de la longitud y el diámetro de los entrenudos, varían ampliamente con los cultivares y las condiciones del ambiente, y han sido muy estudiadas por reconocidos investigadores en diferentes regiones y países del mundo (Van Dillewijn, 1952; citado en Martín *et al.*, 1987).



**Fig.3. Comparación entre el número de entrenudos del cultivar C90-469 a los 146 y a los 259 ddp**

Las evaluaciones realizadas muestran que la longitud de los entrenudos es similar a los 146 ddp, pero al concluir la llamada de crecimiento a los 259 ddp se hace de superior en el marco de plantación 1,60 m que en el resto de los tratamientos, a pesar de que no existen diferencias significativas entre ellos, (Figura 4). Esto está dado por la competencia, principalmente por la luz, que se establece entre los tallos desde temprana edad de la plantación, al ser mayor la densidad por unidad de área. En todos los casos, en las condiciones del experimento el largo de los entrenudos es superior al reportado por Jorge *et al.* (2010) este cultivar se caracteriza por presentar como promedio 13,6 cm de longitud del entrenudo en condiciones de producción.



**Fig. 4. Comparación entre el largo de los entrenudos del cultivar C90-469 a los 146 y a los 259 ddp**

Como se puede observar, no se presentaron diferencias significativas en el diámetro de los tallos entre los tres métodos de plantación evaluados (Tabla 3). Esta es una cualidad intrínseca de cada cultivar, determinada por sus características botánicas de acuerdo a lo planteado por Jorge *et al.* (2004); Jorge *et al.* (2010b) y Gómez *et al.* (2011). Como generalmente sucede en la mayoría de los cultivares de caña de azúcar, el mayor diámetro se produce durante el desarrollo de la cepa de planta, con tendencia a un afinamiento en las cepas subsiguientes. Podemos concluir que no se produjo un marcado afinamiento de los tallos como resultado de la competencia que puede establecerse entre ellos, al ser mayor la cantidad por área, en la tecnología de plantación en surcos de base ancha.

**Tabla 4. Comparación entre el diámetro de los entrenudos del cultivar C90-469 a los 146 y a los 259ddp**

Tratamientos (Marco de plantación)	Diámetro del entrenudo (cm) 146 ddp	Diámetro del entrenudo (cm) 259 ddp
1,40m	2,8	3,0
Base ancha	2,8	3,0
1,60m	2,7	2,9
EE $\bar{x}$ $\pm$	0,05	0,09

ddp: días después de plantada

Los resultados obtenidos tras las mediciones realizadas a los 146 y 259 días después de plantadas no muestran diferencias significativas entre los tratamientos. Los datos obtenidos superan lo planteado por Jorge *et al.* (2010b) donde los tallos en el cultivar C90-469 tienen un diámetro promedio de 2,6 cm. Esta es una cualidad intrínseca de cada cultivar, determinada por sus características botánicas (Jorge *et al.*, 2004).

Como generalmente sucede en la mayoría de los cultivares de caña de azúcar, el mayor diámetro se produce durante el desarrollo de la cepa de planta, con tendencia a un afinamiento en las cepas subsiguientes.

Los resultados anteriores coinciden con los obtenidos por Cruz (2013) donde se encontró que el diámetro no se ve afectado por el ancho de calle.

#### **4.2. Determinación del índice de madurez**

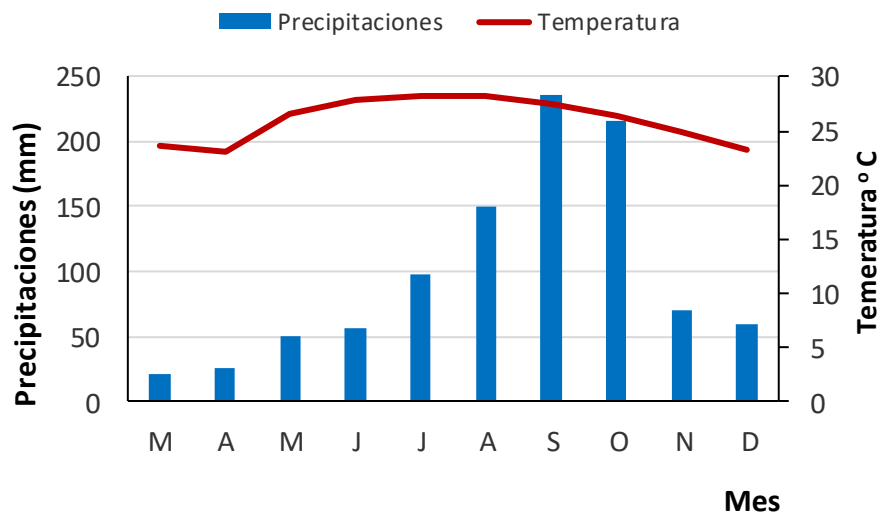
A pesar de que no existen diferencias significativas en el índice de madurez para ninguno de los tratamientos estudiados, los tallos mostraban un índice superior en el tratamiento base ancha (Tabla 4). De acuerdo a los resultados obtenidos el estado de madurez en los tres casos se define como insuficientemente maduro o no maduro, esto está influenciado por la edad de la caña planta, no había alcanzado aún los 12 meses de edad y por el comportamiento de los factores agrometeorológicos precipitaciones y temperaturas muy superiores al promedio

necesario para alcanzar el estado de madurez deseado para la cosecha, de acuerdo con Fernández *et al.* (1990) entre los factores que influyen en la maduración se encuentra el índice de humedad entre un 70 % – 73 % en los tallos, temperaturas del suelo y del aire de 17 °C. En las condiciones experimentales estudiadas estos factores se presentaron por encima de la media histórica para la zona.

**Tabla 5. Brix superior e inferior e índice de madurez del cultivar C90-469 a los 340 ddp**

Tratamientos (Marco de plantación)	Brix inferior 340 ddp	Brix superior 340 ddp	Índice de madurez
1,40m	18,8ab	16,6b	0,88a
Base ancha	19,8a	18,4a	0,92a
1,60m	18,4b	16,0b	0,85a
EE $\bar{x}$ $\pm$	0,47	0,56	0,02

(a,b,c) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por LSD para  $p \leq 0,05$   
ddp: días después de plantada



**Fig. 5. Incidencias de las temperaturas y precipitaciones por meses en el área experimental**

### 4.3. Determinación del estimado de rendimiento agrícola

El promedio de tallos por metro lineal fue superior en el surco de base ancha (Tabla 5). Precisamente, el incremento del número de tallos por unidad de área que se obtiene con esta tecnología es lo más importante, por su marcado efecto en el rendimiento agrícola. Según Jorge *et al.* (2010b) el cultivar C90-469 con una población de 14 tallos por metro lineal.

**Tabla 6. Peso y promedio de tallos por metro lineal en el cultivar C90-469 a los 340 ddp**

Tratamientos (Marco de plantación)	Promedio de tallos por metro lineal 340(ddp)	Peso promedio de tallos 340(ddp)Kg
1,40m	11,0 c	22 b
Base ancha	16,2 a	27,1 a
1,60m	11,9 b	20,3 b
EE $\bar{X}$ $\pm$	0,22	0,57

(a, b, c) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por LSD para  $p \leq 0,05$

ddp: días después de plantada

Muchos autores coinciden en la importancia de aumentar la densidad de población para obtener mayor rendimiento en el cultivo de la caña de azúcar. Por ejemplo, García y Toledo (1987), señalan que la densidad de población, es decir, el número de tallos por unidad de área, es probablemente uno de los factores que pueden decidir en el incremento del rendimiento en caña de azúcar. Gómez (1985), muestra cómo el surco de base ancha difiere significativamente de la distancia de 1,60 m en los resultados productivos, lo que está dado por el incremento en el número de tallos por área, fundamentalmente.

En la literatura, se plantea que la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), es un cultivo de extraordinaria capacidad, que en buenas condiciones culturales, produce volúmenes superiores a las 100 t/ha de tallos y si se incluyen las hojas y puntas, que no se emplean para la producción de azúcar, el volumen de biomasa vegetal aumenta en 20 % Suárez (2005).

Según lo planteado por la mayoría de los especialistas en la materia, un campo de caña bien desarrollado, en áreas mecanizables, debe tener, como cantidad óptima, entre 85 000 y 90 000 tallos por ha y nuestros cañaverales, con la distancia de 1,60 m entre surcos, no alcanzan mucho más de 75 000 tallos, y en la práctica promedian mucho menos.

También Martín (1987), al hacer una revisión de las distancias de plantación en caña de azúcar más utilizadas en Cuba, concluyó que la cantidad de tallos molibles que se producen con la distancia comercial de 1,60 m es insuficiente.

Chowing (2005), reporta que, con la plantación en surcos dobles, se obtiene un incremento significativo del rendimiento en caña y se mejora el rendimiento de las máquinas cosechadoras. Esta tecnología fue recomendada a escala comercial, a principios de 2006, para incrementar la productividad en el cultivo de la caña de azúcar.

**Tabla 7. Componentes del rendimiento según tratamientos**

<b>Tratamientos (Marco de plantación)</b>	<b>Promedio de tallos por metro lineal</b>	<b>Metros lineales/ha</b>	<b>Tallos/ha</b>	<b>Peso promedio de 1 tallo</b>	<b>Toneladas de caña/ha</b>
1,40m	11,0	7 412	78 500	2,20	172,70
1,60m	16,2	6 250	74 300	2,03	150,83
Base ancha	11,9	5 550	90 000	2,71	243,90

De acuerdo con Pérez *et al.* (2012) una hectárea de caña plantada a 1,60 m x surco corrido, tiene 6,25 km, partiendo de este criterio entonces a 1,40 m tendrá 7142 m y por el surco base ancha 5555 m, en esta última distancia la distancia de centro a centro de cepa de 1,80 m facilita la cosecha con las cosechadoras case disponibles en Cuba. Teniendo en cuenta el número de tallos por metro lineal y la cantidad total de surcos en metros lineales por hectárea de acuerdo a los marcos de plantación estudiados se procedió a realizar los estimados de rendimiento.

Estimando los resultados alcanzados en condiciones experimentales a toneladas por hectárea el marco de plantación base ancha presenta 89 991 tallos, el marco de plantación 1,60 m con 74375 tallos y 1,40 m con 78562 tallos.

Partiendo de esto, en las condiciones experimentales descritas, para el marco de plantación 1,40 m se estima un rendimiento 172,84 t de caña de azúcar, 1,60 m tiene un estimado 150,97 t y el surco de base ancha con un estimado de 243,87 t de caña de azúcar. Es importante señalar que estos resultados se lograron a pesar de los efectos directos del huracán Irma sobre el área experimental.

Base ancha permitió incrementos del rendimiento en 61,7 % en relación con el sistema tradicional a 1,60 m, el número de tallos se incrementó en 21 % por unidad de área(ha), permite disponer de mayor número de tallos por hectáreas para ser utilizados como semilla sin diferencias significativas en relación al diámetro, o para ser cosechados durante la zafra para su molida en la industria, en este caso se considera un rendimiento industrial de 11 % como promedio ello posibilitaría incrementar también la producción de azúcar en toneladas por ha(t azúcar/ha).

Tabla 8. Rendimiento agrícola e industrial estimado

Tratamientos (Marco de plantación)	Toneladas de caña de azúcar/ha	Toneladas de azúcar/ha
1,40m	172,70 x 0,11	18,9
1,60m	150,83 x 0,11	16,5
Base ancha	243,90 x 0,11	26,8

Humbert (1965) citado por Pérez *et al.* (2012) consideran que 90 000 tallos molibles/ha, es una buena población, para un cañaveral de alto rendimiento, por ello, se consideran como buenas las plantaciones que tienen entre 75 000 y 85 000 tallos molibles/ha (entre 12 y 14 tallos molibles/m) que alcanzan rendimientos superiores a las 128 t/ha, equivalente a más de 8 t/ha /mes.

Estos resultados coinciden con lo planteado por otros autores, en diferentes condiciones. Por ejemplo: Sotomayor (2008) citado por Gómez *et al.* (2011) señala que la plantación en surcos de base ancha se adapta perfectamente a las condiciones de cultivo, cosecha y a los variados agroecosistemas existentes en la región. Los pequeños productores pueden esperar producciones superiores con el uso de esta técnica, que como término medio, puede significar 15 % de incremento. Según Gómez *et al.* (2011), en áreas donde se ha generalizado esta tecnología en la provincia de Camagüey, como en las CPA Abel Santamaría y Frank País, de la empresa azucarera Argentina, se obtuvieron en la cosecha de caña planta 104 y 97 t/ha, respectivamente.

## **5. Conclusiones**

1. En la distancia de plantación surco de base ancha se produjo un incremento del promedio de brotes por metro lineal, norma de ahijamiento y área foliar; el promedio de entrenudos, el largo y diámetro de los mismos se comportó ligeramente inferior al resto de los tratamientos estudiados.

2. En la distancia de plantación surco de base ancha se obtuvo un incremento significativo del número de tallos por metro lineal alcanzándose un estimado de 89 991 tallos por hectárea indicador esencial por su incidencia en el rendimiento agrícola

## **6. Recomendaciones**

1. Continuar investigando el efecto del marco de plantación surco de base ancha en el C90-469 en diferentes áreas productivas de la Unidad Empresarial de Base de Atención a Productores (UEB-APA) José María Pérez de la Empresa Azucarera Villa Clara.

## **7. Referencias bibliográficas**

- Alexander, A. 1985. The energy cane alternative (Sugar Series, 6). Universidad Río Piedras Puerto Rico. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands. P. 509
- Álvarez A. 1985. Determinación del peso de la semilla utilizada por caballería en siete variedades en caña de azúcar y otros aspectos de interés en el momento de plantar. Departamento de agrotécnia MINAZ. La Habana. Cuba. P. 24-27.
- Andrade, L.A. de B. 2006. Cultura da cana-de-açúcar. In: Cardoso, M. das G. (Ed.). Produção de aguardente de cana-de-açúcar. 2a. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA.P. P. 25-67
- Angulo A, Chávez M, y Guzmán E. 1996. Efecto de tres distancias de siembra y el sistema de "surco gemelo" sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar. X Congreso Nacional sobre el cultivo de la Caña de Azúcar. Resumen 46. México.
- Anuario estadístico de Cuba. 2016. Agricultura, silvicultura, ganadería y pesca. Consultado el 22 de noviembre de 2017. Disponible en: <http://www.one.cu/aec2016/09>
- AZCUBA. 2012. Serie histórica de producción de azúcar desde 1959 hasta fecha. La Habana, Cuba: Grupo Azucarero Nacional.
- Barrantes, J., Alfaro, P., Ocampo, R. 2015. Evaluación de cuatro distancias de siembra en la modalidad de surco gemelo en tres variedades comerciales de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la Región Sur. Costa Rica. VI Congreso Tecnológico del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA).
- Bastidas, L. 2011. Consultado el 7 de junio de 2018. Disponible en <http://unefmagronomia-spci-canazucar.blogspot.com/2011/03/botanica-de-la-cana-de-azucar.html>
- Benda, G. T. A., I. W. Dunckelman. 1987. Sugar cane yield of constant initial populations at different row spacings, Sugar Cane, May/June. P. 23-241.
- Blackburn, F. 1984. Sugar-cane. New York: Longman. P. 414 .

- Bolaños, J. 2015. Características del surco de base ancha y su implementación en siembras comerciales de caña de azúcar. Consultado ocho de mayo de 2018. Disponible en <https://www.laica.co.cr/biblioteca2/verSubcategoria.do?p=3&c=443&s=2521>
- Bull T, Norris C, Robothan B. 2000. Informe sobre las siembras de distancias estrechas o de alta densidad. Estaciones Experimentales de la Caña de Azúcar (BSES) Bundaberg.
- Chowing E. High-Density Planning. 2005. Annual Report, Mauritius Sugar Industry Research Institute. P. 26-28.
- Coleti, J. 1994. Evaluación de espaciamientos reducidos en caña de azúcar. Rev. STAB,. 12(4):18-23.
- Cruz, p. n. 2013. Desempeño de la caña de azúcar bajo diferentes distancias de siembra que mejoran el tráfico dentro del cultivo. III Congreso AETA, sep.18-20 del 2013. Guayaquil-Ecuador. P. 11.
- Deuber, R.1988. Maturação da cana-de-açúcar na região Sudeste do Brasil. In: IV Seminário de Tecnologia Agrônômica, (1988, Piracicaba, BR) Anais... Piracicaba, BR: COPERSUCAR. P. 33-40.
- Díaz, J., Martínez, J., Ruiz, M., García, R., Crach, I., García, I., *et al.* 1997. Incidencia de espaciamientos estrechos de plantación en caña de azúcar en el desarrollo, control de malezas, rendimientos y eficiencia económica. Revista Rev. Cuba y Caña. La Habana. P. 9-16
- Díaz JC, Hernández D, Rodríguez L.2003. Influencia de la población y la distancia entre surcos sobre la competencia de las malezas en caña de azúcar. Memorias, 16 Congreso Asoc. Latino-americana Malezas, México. P. 6.
- Digoncelli, P., Giardina, J., Casen, S., Alonso, L., de Ullivarri, JF., Scandaliaris, J. *et al.* 2009. Plantación de la caña de azúcar. Recomendaciones generales. P. 10.
- Diola, V.; Santos, F. 2010. Fisiología. In: Santos, F.; Borém, A.; Caldas, C. (Eds.) Cana-de-açúcar: Bioenergía, açúcar e álcool - Tecnologias e perspectivas. Viçosa. P. 577

- Diola, V.; Santos, F. Fisiología. In: Santos, F.; Borém, A.; Caldas, C. (Eds.) 2012. Cana-de-açúcar: Bioenergía, açúcar e álcool - Tecnologías e perspectivas. Viçosa: Os Editores. P. 25-49.
- ETICA. 2016. Un marco de plantación que permite elevar el rendimiento agrícola del cultivo de la caña de azúcar. Conferencia magistral Balance de zafra. Villa Clara. (en soporte digital)
- FAO. 2018. Área cultivada por países, Caña de Azúcar. Consultado 20 de mayo de 2018. Disponible en <http://www.fao.org/statistics/databases/es/>
- Fernández, R., Dávila, A., Del Toro, F. 1990. Botánica y fisiología de la Caña de azúcar. Segunda edición. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación. P.193
- Funes, R. 2010. De los bosques a los cañaverales: una historia ambiental de cuba 1492-1926. 1ra ed. La Habana, Cuba: Editorial Ciencias Sociales. ISBN 978-959-06-0967-1. P. 27-76.
- García I, Toledo L A. 1987. Influencia de la distancia entre surcos y la densidad de plantación sobre la población y los rendimientos de tres variedades de caña de azúcar. Ciencia. Y Técnica. de la Agricultura Cañera. Vol. 4. No. 2. La Habana. P 5-20.
- García R, Regla M, Alomá J, García M, Arzola N. 1994. Marcos estrechos de plantación, su incidencia en los rendimientos agrícolas. Ponencia 7mo. Expo Nacional BTJ Forjadores del Futuro. Expo-Cuba. Ciudad Habana.
- Gómez, S., Platero, B., Rossi, I. y Juana Prieto. 2011. Plantación de la caña de azúcar en surco de base ancha. Consultado 17 mayo 2017. Disponible en <http://www.actaf.co.cu/revistas/ATAC/ATAC3>.
- Gómez, S., Benítez, Ledya., Sosa, S., Hermida, Y., García, R., Rossi, I. y A. Noy. 2015. Instructivo tecnológico para la plantación de la caña de azúcar en surcos de base ancha. Primera edición. La Habana, Cuba.
- Gómez S, Cutiño L, Rodríguez E. 1988. Evaluación de la introducción del método de resiembra por mota. Resumen 45 Conferencia de la ATAC. P. 142.
- Gómez, S. 1985. Estudio de la densidad de plantación en caña de azúcar con las variedades ja 60-5 y C 87-51, ATAC, No. 5, sept.-oct. P. 16-23.

- Hernández, A.; Pérez, J.M.; Bosch, D.; y Castro, N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Editoriales Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas e Instituto de Suelos. 93p.
- Hernández D, Díaz J.C. 1999. Población de caña y competencia de malezas: efectos sobre el rendimiento agrícola y el contenido de azúcar. Revista ATAC. 60(2). P11-15.
- Humbert, R. P. 1965. El cultivo de la Caña de Azúcar. 1ra ed. La Habana, Cuba: Editora Universitaria. P. 13-20.
- INICA-MINAZ. 2010. XVIII Informe a la Reunión Nacional de Variedades, Semilla y Sanidad Vegetal. 91 P.
- Irving J E, y Benda G T A. 1980. Sugar cane spacing. II Effects of spacing on the plant. Proceedings 17th Congress ISSCT. Agronomy Section. Manila. Philippines. P. 357-367.
- James, G. 2003. Introduction to sugarcane. In: James, G. Sugarcane. Oxford: WileyBlackwell. P. 1-19.
- Jorge, H., Jorge, Ibis de las Mercedes. y García, H. 2010a. Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba. En: "Contribución al conocimiento de las variedades de caña de azúcar". INICA-MINAZ. P. 23-34.
- Jorge, H.; Jorge, Ibis de las Mercedes y N. Bernal. 2010b. Principios y conceptos básicos para el manejo de variedades y semilla de caña de azúcar en la agroindustria azucarera cubana. Primera edición. La Habana, Cuba. P. 18
- Jorge, H., Ibis Jorge y A. Arencibia. 2004. Catálogo de nuevas variedades de caña de azúcar, INICA, La Habana. P. 101.
- Lindsdale T. 1998. Altas densidades de siembra: algo en lo que vale la pena pensar BSES Bulletin No. 62 Abril.
- Marques, M., Marques, T., Tasso Júnior, L.C. 2001. Tecnologia do açúcar. Produção e industrialização da cana-de-açúcar. Jaboticabal: Funep. P. 166.
- Martín, J. R.; Gálvez, G.; De Armas, R.; Espinosa, R.; Vigoa, R. y A. León. 1987. La caña de azúcar en Cuba. 1ra ed. La Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica. P. 12,14-16

- Martínez J I, Díaz J C, Ruíz M L, Piñero J, García R, Santos N, Guevara H, Hernández D, Creach I, Zuaznabar R. 1992. Importancia de la reducción de las distancias de plantación de la caña de azúcar bajo condiciones de Cuba. Memorias, 46 Cong. ATAC, Santiago de Cuba. P. 58.
- Mozambani, A.E.; Pintos, A.S.; Segato, S.V. e Mattiuz, C.F.M. 2006. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: Segato, S.V.; Pinto, A.S.; Jendiroba, E.; Nóbrega, J.C.M. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: [s.n.], P. 11-18.
- Pérez, H.; Santana, I. e I. Rodríguez. 2012. Manejo sostenible de tierras en la producción de Caña de azúcar. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Ministerio del Azúcar. P. 84.
- Piñero J. A., I. García I., Creach I. 1988. La distancia entre surcos y su influencia sobre la población y los rendimientos de la caña de azúcar en tres tipos de suelo. Resúmenes 45 Congreso de la ATAC. La Habana.
- Rae, A.L.; Martinelli, A.P.; Dornelas, M.C. 2014. Anatomy and Morphology, In: Moore, P.H.; Botha. F.C. Sugarcane: physiology, biochemistry, and functional biology. 1 ed.: John Wiley & Sons Ltd. P. 19-34.
- Reynoso, Á. 1862. Ensayo sobre el Cultivo de la Caña de Azúcar en Cuba. La Habana, Cuba: Editorial Nacional.
- Rodrigues, D.J.1995. Fisiologia da Cana-de-Açúcar. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Campus de Botucatu. Botucatu, P. 101.
- Santana, I., González, M. y Guillén, S. 2012. Instructivo técnico para el manejo de la Caña de Azúcar. 2da. Ed. La Habana, Cuba ISBN: 000-000-00 Instituto de Investigaciones de la Caña de azúcar. P 1 y 15.
- Scandaliaris J. y L. Sotomayor. 2008. Plantación de caña de azúcar en surcos de base ancha. Disponible en: <http://www.sagpya.gov.ar/>.
- Silva, M.A.; Jeronimo, E.M., Lúcio, A.D. 2008. Perfilhamento e produtividade de cana-de-açúcar com diferentes alturas de corte e épocas de colheita. Pesq. agropec. bras., 43(8): 979-986.

- Sotomayor, L. 2008. Plantación de caña de azúcar en surcos de base ancha. Consultado el 22 de noviembre de 2017. Disponible en: <http://www.sagpya.gov.ar/>.
- Suárez, H., Gómez, I. y Bernal, N. 2010. Principios y conceptos básicos para el manejo de variedades y semilla de caña de azúcar en la agroindustria azucarera cubana. Primera edición. La Habana, Cuba ISSN 1028-6527. P 39.
- Suárez, R. 2005. "Caña de azúcar y sostenibilidad: enfoques y experiencias cubanas", Disponible en: [http://www.desal.org.mx/article.php3?id\\_article=26](http://www.desal.org.mx/article.php3?id_article=26).
- Torres, J., Verano, B., Moya, N., Rodríguez, S., Acosta J. y M. Caballero. 1990. Fitotecnia de la Caña de Azúcar. P. 82-88.
- Torres, T., Mireya Rodríguez. 2002. Manual de prácticas de fisiología vegetal. Departamento de Agronomía Facultad Ciencias Agropecuarias Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas Cubal.
- Van Dillewijn, C. 1952. Botánica de la caña de azúcar. La Habana, Cuba: Editorial Revolucionaria. Instituto Cubano del Libro. P. 257-354.