



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.

TRABAJO DE DIPLOMA.

❖ **Título:**

Rendimiento agro-azucarero de familias de variedades de caña de azúcar a diferentes edades y momento de cosecha.

❖ **Autor:** *Eduardo García Figueroa*

❖ **Tutor:** : *M Sc. Trenaldo Delgado Mora.*

CURSO: 2007-2008.
"AÑO 50 DE LA REVOLUCIÓN".

Resumen.

La productividad de azúcar requiere de la disponibilidad de cultivares de caña de azúcar de alta capacidad productiva y con elevados contenidos de azúcar, así como el conocimiento ante los cambios climáticos que puede constituir una solución para lograr mayores rendimientos agro azucareros en las diferentes condiciones ambientales. Bajo esas nuevas premisas fueron diseñados y establecidos 12 experimentos en bloques completamente al azar. Se estudiaron el comportamiento de tres variedades de caña de azúcar representativas de tres períodos de madurez diferentes (temprano, medio y tardío), cosechadas de manera ininterrumpida durante todo el año, con combinaciones de edades entre 9 y 24 meses, en las variables t caña/ha, % pol en caña y t pol/ha. Se obtuvo como resultado que el genotipo My5514 alcanza significativamente el mejor resultado agro azucarero a las edades de 17-20 y 21-24 meses durante todos los periodos evaluados, el porcentaje de pol en caña resultó significativo en los periodos de noviembre - enero y febrero - marzo, ofreciendo los valores más destacados C1051-73 y C86-12 a las edades de 13-16, 17-20 y 21-24 meses y el cultivar C1051-73 ofreció significativamente el peor resultado agro azucarero durante los periodos evaluados a las edades de 9-12 meses.

Índice.

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Particularidades en la Caña de Azúcar(Saccharum officinarum)	3
2.2. La agricultura cañera	3
2.3. Método para determinar el momento de maduración de la caña de azúcar	4
2.4. Dinámica de la maduración	5
2.5. Factores que controlan la maduración	6
2.5.1. Temperatura	6
2.5.2 Disponibilidad hídrica	6
2.5.3. Radiación solar	6
2.6. Influencia del genotipo y de la edad del cañaveral	6
2.7. Estrategia para el manejo de la maduración	6
2.8. Edad del cultivo	7
2.9. Síntomas visuales	8
2.10. Parámetros de calidad	8
2.11. Adaptación al cambio climático	9
2.12. Utilización de los Análisis Univariados y Multivariados	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Suelos donde se desarrollaron los estudios	15
3.2. Tratamientos estudiados y Variables evaluadas	16
3.3. El Momento de plantación y cosecha de los diferentes estudios	16
3.4. Agrupamiento de las edades y momento de cosecha	18
3.5. Comparación de los agrupamientos.	18
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1. Análisis de la producción agro azucarera en las variables estudiadas	19
4.1.1. Resultados en la variable tonelada caña/ha	19
4.1.2. Resultados en la variable porcentaje de pol en caña	22
4.1.3. Resultados en la variable tonelada de pol/ha	23
5. CONCLUSIONES	27
6. RECOMENDACIONES	28
7. Bibliografía	

1. Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum*, sp.) es una gramínea C4 que crece predominantemente en regiones tropicales y subtropicales para la producción de sacarosa. Alrededor de dos billones de toneladas de azúcar se producen anualmente, en un área de 18 millones de hectáreas de más de 80 países productores. Sin embargo, la producción azucarera de Cuba en 1998 llegó solamente a 3.2 millones de toneladas, como resultado de condiciones climatológicas, deficiencias en la organización, falta de materiales críticos y recursos financieros.

En la década de los años 90, se crean situaciones extremadamente difíciles para Cuba por la desaparición del campo socialista. La falta de capacidad financiera o de créditos para la adquisición de insumos, obligan a iniciar un proceso de transformación de la tecnología agrícola en búsqueda de alternativas que aprovechen al máximo las características y potencialidades de la planta y su interacción con las condiciones naturales. Se trabaja sistemáticamente para lograr una agricultura cañera cada vez más ecológica, u orgánica, menos dependiente de los costosos insumos de productos químicos y que basada en el más moderno desarrollo científico - técnico posea una verdadera racionalidad ecológica y sustentabilidad económica (Jorge y García, 1995).

La variabilidad natural de las lluvias, de la temperatura y de otras condiciones del clima son los principales factores que explican la variabilidad de la producción agrícola, lo que a su vez constituye uno de los factores principales de la falta de seguridad alimentaría. La selección de aquellas variedades azucareras que produzcan la mayor cantidad de azúcar por unidad de área, con un volumen mínimo de materia prima para procesar industrialmente, es un objetivo de trabajo prioritario para muchos países productores de azúcar, empeñados en lograr mayores beneficios económicos en la explotación del cultivo (Pérez et al., 2004).

El incremento en la productividad de azúcar requiere de la disponibilidad de cultivares de caña de azúcar de alta capacidad productiva y con elevados contenidos de azúcar, tanto en el inicio como durante el periodo de zafra. Este objetivo exige la utilización de distintas estrategias de manejo que permiten la expresión del potencial azucarero de las variedades difundidas.

Considerando los diferentes aspectos abordados y con el propósito de definir la respuesta de las familias de variedades ante los posibles cambios climáticos y lograr un mejor rendimiento azucarero de acuerdo a la respuesta agro productiva con diferentes edades y momentos de la cosecha, se realizó el presente trabajo bajo la hipótesis:

“El conocimiento de los cambios climáticos y el estudio de la respuesta de los cultivares ante los mismos, puede constituir una solución para lograr mayores rendimientos agro azucareros en las diferentes condiciones ambientales, permitiendo incrementar la eficiencia de la agroindustria azucarera”.

Objetivos generales:

- Evaluar la productividad de genotipos de caña de azúcar de alto potencial agro azucarero durante todo el año.

Objetivos específicos:

- Evaluar la variable porcentaje de pol por hectárea (ppc) en tres cultivares de la caña de azúcar en el periodo de zafra y no zafra.
- Evaluar la variable toneladas de cañas por hectárea (t caña/ha) en tres cultivares de la caña de azúcar en el periodo de zafra y no zafra.
- Evaluar la variable toneladas de pol por hectárea (t pol/ha) en tres cultivares de la caña de azúcar en el periodo de zafra y no zafra.

La novedad científica:

Se realizó por primera vez un estudio para evaluar la productividad de genotipos representantes de las familias de variedades de madurez temprana, media y tardía de alto potencial agro azucarero durante todo el año, lo que permite realizar un manejo eficiente de los cultivares de acuerdo a la respuesta agro productiva con diferentes edades y momentos de la cosecha.

2. Revisión bibliográfica

2.1. Particularidades de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

La caña de azúcar es una planta proveniente del sureste asiático. Fue llevada a la Península Ibérica por los árabes, donde se cultivaba principalmente en las tierras costeras de Málaga y Granada. En este sitio todavía se conserva el más antiguo trapiche de Occidente. Posteriormente los europeos llevaron la planta, primero a las islas Canarias, y luego a las Indias Occidentales, en muchas de cuyas zonas el clima era más favorable que en la Península Ibérica, por lo que casi se abandonó el cultivo en ésta. La caña es un cultivo de la zona tropical o subtropical del mundo. Requiere agua y de suelos adecuados para crecer bien. 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 (t caña/ha) por año (con 14 % de sacarosa, 14 % de fibra y 2 % de otros productos solubles). Su periodo de crecimiento varía entre 11 y 17 meses, dependiendo de la variedad de caña y de la zona. Requiere de nitrógeno, potasio y elementos menores para su fertilización. En zonas salinas se adiciona azufre para controlar el sodio. Se puede cosechar a mano o a máquina. Una persona puede cosechar entre 5 y 7 toneladas por día de caña quemada y 40 % menos de caña sin quemar. La cosecha mecánica se hace con cosechadoras que cortan la planta y separan los tallos de las hojas con ventiladores. Una máquina puede cosechar 30 toneladas por hora. La producción mundial de caña de azúcar en el 2005 fue de 1,267 millones de toneladas, siendo el principal productor Brasil con 34 % de la producción mundial, India 18 %, China 7 %, Pakistán 4 %, México 4 %, Tailandia 3 %, Colombia 3 % y otros países representan el 27 %; para la India, Pakistán, Cuba y Turquía, representa la base fundamental de su economía (Wikipedia, 2005).

2.2. La agricultura cañera

Las distintas variedades de caña que hoy se cultivan en el mundo con fines comerciales son especies e híbridos del género *Saccharum*, de la familia de las gramíneas (*Poaceae*). 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. Para la nación cubana, la caña y el azúcar forman parte integrante de la historia, la cultura y las tradiciones del pueblo. Una historia que estuvo caracterizada por la injusticia social y que alcanzó su más cruel expresión durante la etapa colonial, con la introducción de esclavos africanos para los trabajos en las plantaciones cañeras y la operación de los trapiches de azúcar (Guerra, 1961; Gálvez, 1992; Díaz et al., 2000; y Rivacoba y Morín, 2005).

A partir de 1959, en la agricultura cañera se desarrolló un proceso de modernización dirigido a una agricultura más intensiva, de altos insumos y caracterizada fundamentalmente por la introducción de la mecanización, que a finales de la década de los años 80 alcanzaba el 75 % de la cosecha y el 100 % del alza, lográndose una producción nacional promedio de más de 7.5 millones de t/año.

La agricultura es el sector de la economía más susceptible a las variaciones del clima. Los numerosos estudios que ya existen indican una fuerte oscilación local y regional tanto en el volumen de cosecha de los diferentes cultivos, como el riesgo de producción frente a los cambios climáticos (Jorge y García, 1994 a y b). El volumen de cosecha no depende solamente del clima general de la región, sino también de las condiciones del tiempo, justamente durante el período de vegetación de las plantas sembradas, las cuales son determinadas por la variabilidad de los parámetros meteorológicos. En ese sentido, juegan un papel importante los cambios estacionales (forma y amplitud) de los factores meteorológicos. El período de crecimiento en algunos cultivos se acortará en algunas regiones en 3 - 4 semanas, en otras se observará una prolongación. Se modificarán, no sólo la fecha de cosecha sino también el desarrollo de los estadios de crecimiento. (Hartmut Graßl et al, 2001; INICA, 2002 y Díaz et al., 2002).

2.3. Método para determinar el momento de maduración de la caña de azúcar

La maduración de la caña de azúcar ha sido descrita por Clements (1940), como la culminación del proceso fisiológico que ocurre en dos fases: una del tejido meristemático, cuando se van formando entrenudos anatómicos completos pero inmaduros, en proceso de alargamiento y el segundo incluye todo lo relacionado con la acumulación de sacarosa en los entrenudos totalmente desarrollados; por lo que la

idea de que la maduración está completa cuando caen las hojas es del todo errónea. Esta fase depende de factores variables, nutricionales y ecológicos. Relativamente poco se conoce acerca del efecto de los factores ambientales sobre el almacenamiento de la sacarosa; aunque mucha información empírica ha sido publicada en relación con los efectos del agua, la temperatura y los factores nutricionales. La maduración de la caña de azúcar no va paralela con la edad. Si el agua y el nitrógeno se mantienen abundantes, la planta nunca madura, el exceso de nitrógeno disponible en época de cosecha es la principal causa de los bajos contenidos de sacarosa (Martín et al., 1987).

2.4. Dinámica de la maduración

La cantidad de sacarosa almacenada en los tallos maduros representa entre el 40-50% de la materia seca (9 al 14% del peso fresco), con variaciones de acuerdo con el genotipo, la edad de la cepa, la influencia de los factores ambientales y al manejo suministrado. el crecimiento y la acumulación de azúcar (maduración) dependen de la actividad fotosintética y ambos definirán la capacidad productiva del cañaveral. Mientras el ritmo del crecimiento de los tallos establece el volumen total de tejidos disponibles para el almacenamiento, la tasa de acumulación definirá la magnitud del llenado de los mismos (Rufino et al., 2001).

Estos procesos ocurren simultáneamente, aunque con una predominancia temporal de uno sobre el otro, según la fase fonológica y en dependencia del ambiente y de las prácticas culturales.

Cuando los factores ambientales y de manejo favorecen la producción de azúcares, pero estos se destinan preferentemente al crecimiento vegetativo del cañaveral, el almacenamiento de sacarosa es mínimo, sin embargo, cuando algún factor provoca una reducción progresiva del ritmo de crecimiento, sin afectar significativamente la tasa fotosintética, la acumulación de azúcar en los tallos aumenta con intensidades crecientes.

El almacenamiento de la azúcar es un fenómeno progresivo y continuo, que se inicia temprano en el ciclo y evoluciona hasta la cosecha, pero debido al crecimiento secuencial de los entrenudos de los tallos, una distribución heterogénea de la azúcar se observa en las primeras etapas de la maduración (Rufino et al., 2001).

2.5. Factores que controlan la maduración

2.5.1. Temperatura

Es el factor de mayor importancia en la regulación del almacenamiento de azúcar. Si este no puede ser manejado, puede conducirse el cultivo para lograr el mejor aprovechamiento de las características térmicas típicas del área cañera.

2.5.2. Disponibilidad hídrica

El contenido de humedad de los tallos influye significativamente en la síntesis de los tallos, constituyendo la disponibilidad de agua, un factor de importancia en la promoción del almacenamiento de azúcar.

2.5.3. Radiación solar

Este factor ejerce un efecto decisivo sobre la dinámica de acumulación de materia seca de sacarosa, durante todo el ciclo del cultivo.

2.6. Influencia del genotipo y de la edad del cañaveral.

Los cultivares presentan importantes diferencias en la dinámica de almacenamiento, aspecto conocido a través de la modalidad de maduración.

La edad del cañaveral y de la cepa también inciden en la precocidad y en los niveles sacarinos a obtener, observándose en general los mayores niveles de azúcar y más temprano en las cañas socas, además, este comportamiento estará influenciado por otros factores, como la época de plantación y corte, por el manejo de las malezas, nutricional e hídrico u por las condiciones ambientales de cada año (Rufino et al., 2001).

2.7. Estrategia para el manejo de la maduración

La implementación de un programa de manejo orientado a optimizar la maduración de los cañaverales, implica integrar distintas prácticas oportunas, eficientes y cuidadosamente balanceadas, capaces de generar incrementos significativos y sostenidos en la cantidad de azúcar a recuperar, con un impacto sustancial en la rentabilidad de la actividad azucarera.

Sin embargo, su utilización requiere de un mejor conocimiento de la dinámica de la maduración y de los distintos factores que influyen, como también de estudios específicos que posibiliten establecer y cuantificar las relaciones y respuestas de los distintos cultivares a los factores de manejo.

La caña de azúcar debe ser cosechada para enviarse al central azucarero cuando alcanza el estado de madurez, a causa de que en ese momento su contenido de sacarosa es óptimo. La determinación del momento de maduración de la caña de azúcar no es una cuestión sencilla. En este proceso fisiológico influyen diversos factores del metabolismo de la planta, como son la humedad, el contenido de azúcares reductores en el jugo y la acumulación de sacarosa (Alexander, 1973).

Desde hace muchos años se busca un método que permita determinar la maduración de caña de azúcar de forma precisa, así Martín et al., (1987) han planteado métodos basados en la pureza de los jugos, el brix, el porcentaje de pol de los jugos, los azúcares reductores, o relaciones entre ellos. Visiva y Kasinath (1935) desarrollaron el método de la determinación del brix de los entrenudos extremos del tallo con el refractómetro de mano, y establecieron una relación de cociente entre los mismos. Este método conocido con el nombre de relación tope/base. Rousselet (1965) planteó que el índice de glucosa (relación entre el porcentaje de azúcares reductores y el de pol de los jugos) es un buen indicador, pues el momento de la maduración se alcanza cuando toma valores iguales o inferiores que 1,5.

Determinar la maduración de la caña de azúcar no solo es importante en la producción, para poder hacer una buena programación de los cortes, sino también en la investigación, cuando se pretenden comparar variedades que poseen diferentes ciclos de maduración, o se estudian variantes que influyen en el proceso de maduración de las distintas formas, adelantándolo o retardándolo. Esto justifica la necesidad de buscar métodos cada vez más precisos, pero fáciles que permitan realizar esta tarea Alexander, (1968) y Jorge et al., (2007).

2.8. Edad del cultivo

La cosecha se hace en base a la madurez (edad) del grupo de plantas. Los agricultores que producen una variedad especial generalmente conocen la época de

cosecha. Inclusive muchas plantas procesadoras de azúcar dan instrucciones de cosecha a los agricultores basándose en la edad del cultivo. Este no es un método científico, ya que la época de plantación, las prácticas de manejo del cultivo, las condiciones climáticas, etc., también influyen en la maduración de la caña.

2.9. Síntomas visuales

Algunos de los índices visuales de maduración de la caña de azúcar son: el amarillamiento y secado de las hojas; el sonido metálico de las cañas maduras cuando son golpeadas; y la aparición de cristales de azúcar brillantes cuando la caña madura es cortada en forma inclinada y es mantenida a contraluz.

2.10. Parámetros de calidad

Los más importantes parámetros cualitativos para determinar la madurez de la caña son los Brix del jugo, el porcentaje de sacarosa o Pol y la pureza aparente.

- **Brix del Jugo:** Se refiere al contenido de sólidos solubles totales presentes en el jugo, expresados como porcentaje, incluye a los azúcares y a compuestos que no son azúcares. Pueden ser medidos en el campo, en la misma plantación, utilizando un refractómetro manual. Para esto se perforan varias plantas y se colecta su jugo para formar una muestra compuesta que será analizada. Luego se pone una 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. El refractómetro manual tiene graduaciones de 0 a 32 %. Las lecturas pueden tomarse por separado en la parte superior o inferior del cultivo. Un rango estrecho de lectura indica madurez de la caña, mientras que un rango amplio indica que ya está demasiado madura. Por otro lado, si la parte inferior de la caña tiene un menor valor de Brix que la parte superior, esto indica que está sobremadura y que está ocurriendo reversión del azúcar.
- **Sacarosa del Jugo o Porcentaje Pol:** El porcentaje de sacarosa del jugo es el contenido real de azúcar de caña presente en el jugo. Se determina con un polarímetro, de ahí que el porcentaje de sacarosa también sea llamado como Porcentaje Pol. Para efectos prácticos el porcentaje de sacarosa y el porcentaje

Pol son sinónimos. En la actualidad existe un instrumento llamado sucrolisador, que también determina el porcentaje de sacarosa en el jugo.

- Coeficiente de pureza: Se refiere al porcentaje de sacarosa respecto al contenido total de sólidos solubles del jugo. Una mayor pureza indica que existe un contenido mayor de sacarosa que de sólidos solubles en el jugo. El porcentaje de pureza junto con el porcentaje de sacarosa ayudan en la determinación de la época de madurez.

Porcentaje de Pureza = (% Sacarosa / HR Brix) * 100

Un cultivo de caña de azúcar está apto para la cosecha cuando ha alcanzado un mínimo de 16 % de sacarosa y 85 % de pureza.

- Azúcares reductores: Se refiere al porcentaje de otros azúcares (fructuosa y glucosa) presentes en el jugo. Un menor nivel de azúcares reductores indica que la mayoría de ellos han sido convertidos en sacarosa.
- Azúcar comercial de caña: El azúcar comercial de caña (ACC) se refiere al porcentaje de todo el azúcar recuperable de la caña. Se puede calcular con la siguiente fórmula:

ACC (ton/ha) = [Producción (ton/ha) x Recuperación de Azúcar (%)] /100

Recuperación de Azúcar (%) = [S - 0.4 (B - S)] x 0.73

donde, S = % de Sacarosa en el jugo y B= Brix corregidos (%)

2.11. Adaptación al cambio climático

Los escenarios de cambios climáticos desarrollados dentro de la evaluación del impacto del cambio climático y las medidas de adaptación en Cuba, indican que las magnitudes de la temperatura media anual del aire pudieran incrementarse paulatinamente hasta alcanzar magnitudes entre 1,6 °C y 2,5 °C para el año 2100. En el caso de las precipitaciones el panorama presenta mayor incertidumbre, pues cuando unos modelos indican la reducción de los totales anuales, otros producen incrementos. A pesar de esto último se estima que el incremento de la temperatura sea tan notable, que aún donde se proyecten incrementos de las precipitaciones, podría ocurrir una intensificación y expansión de los procesos de aridez y sequía (CITMA, 2002).

Aunque se reconoce a la caña de azúcar como una planta de regadío (Reynoso, 1862), en Cuba en la mayoría de las condiciones de explotación comercial, el cultivo ha estado a merced de las bondades de la naturaleza, mucho más en los últimos años que se ha ido transitando a una agricultura ecológica de bajos insumos (García, 2004).

La condición de humedad excesiva o hidromorfía, influye por una parte en muchas propiedades del suelo, por otra afecta directamente a los cultivos que en ellos se desarrollan. El efecto más importante es la disminución de la aireación en la zona radicular.

Viqueira y Lamelas (1999), señalan que la lluvia, a diferencia del riego que un momento dado solo incide sobre una parte del área, afecta a grandes extensiones, definiéndose por su cuantía (volumen total caído desde el comienzo hasta el final de la lluvia, expresado en mm), duración (tiempo transcurrido desde el comienzo al final de la lluvia) e intensidad (relación cuantía – duración). El comportamiento regular durante un período de tiempo de las lluvias es lo que se conoce como régimen pluviométrico.

Según el vocabulario meteorológico internacional (Centella, 2002) la sequía en su acepción más común se define como: “Período de condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitaciones cause un gran desequilibrio hidrológico”. Es muy conocido que la sequía como fenómeno de desarrollo gradual, comienza y termina de manera no bien definida y su impacto es sumamente variado, razones por las cuál obtener y recomendar una definición única sobre la base de los distintos criterios existentes es una tarea inútil.

Existen tantas definiciones de sequía, como objetivos hay para definir las (sequía agrícola, hidrológica, meteorológica, etc.), sin embargo un denominador común en todas las definiciones es la escasez de precipitaciones con respecto a un comportamiento normal de la misma. Como valor normal de la precipitación, se considera un valor promedio histórico obtenido a partir de una serie de longitud determinada. Si consideramos este valor normal como inalterable en el tiempo, estamos entonces eludiendo la constante modificación del clima, por lo que también es necesario tener en cuenta que la lámina de precipitación de referencia debiera ser dinámica y reflejar el clima en evolución.

Los procesos que conducen a la sequía son sumamente complejos y sus orígenes más inmediatos pueden estar vinculados a la escasez de humedad atmosférica, la insuficiencia de sistemas generadores de lluvia o la persistencia de una fuerte subsidencia o bien la combinación de algunos de estos factores, cuyas causales deben ser estudiadas en el contexto de la circulación general de la atmósfera (Lecha et al., 1994). Según estos autores partiendo de los factores más importantes del clima, la lluvia y la temperatura, se pueden determinar un Índice de Sequía (Y), el cuál represente y determine las zonas y los períodos en los cuáles es necesario al menos suministrar agua a los cultivos para que no mueran, este índice está dado por la expresión:

$$Y = \frac{12 * H}{T + 10}$$

Donde: H: Lluvia promedio mensual en mm

T: Temperatura promedio mensual en °C

Si el índice está entre 5 -10 nos indica períodos secos y zonas áridas por los que el suministro de agua a los cultivos se hace indispensable, si por el contrario se encuentra por encima de 10, el riego puede resultar siempre útil.

Se conoce como estrés ambiental aquellas situaciones diversas que se apartan de los óptimos requeridos por los cultivos, dentro de las causas más comunes están los originados por agua ya sea en exceso (hidromorfía) o defecto (sequía), temperatura (casi siempre asociada a la sequía), aire, luz y salinidad (Iglesias, 1994b).

Se considera sequía agrícola cuando la humedad del suelo es tan baja que limita el crecimiento y la producción de los cultivos (Pérez, 2004), por lo que puede no haber sequía y existir sequía agrícola, porque la reserva de humedad del suelo depende más del tipo y del cultivo que de las lluvias.

En concordancia con los escenarios climáticos adoptados, los impactos sobre los sectores seleccionados podrían ser notables, entre ellos la agricultura. Las proyecciones climáticas muestran, además de la posible intensificación y extensión espacial de la aridez, así como una mayor frecuencia de los procesos de sequía. En tales circunstancias, la disminución de los recursos hídricos potenciales será notable, lo que afectaría sensiblemente la relación disponibilidad-demanda-entrega de agua y

como consecuencia afectaría todos los usos del recurso, en especial producción de alimentos y el consumo humano (CITMA, 2002).

El elemento climático más variable es la lluvia, con un acumulado medio anual de 1 375 mm. En el período lluvioso se registra aproximadamente el 80 % del total de lluvia anual y en el seco el 20 % restante. Del potencial hidráulico del país 83,2 % son recursos superficiales y 16,8 % son subterráneos. De estos recursos potenciales, son aprovechables 75 % de las aguas superficiales y 25 % de las subterráneas. La infraestructura hidráulica sólo permite utilizar 57 % de los recursos aprovechables solamente. Lo anterior significa que es imprescindible para el porvenir, el desarrollo de una acertada política de uso y aprovechamiento de los recursos hidráulicos, de manera tal que los mismos satisfagan las necesidades del desarrollo nacional en concordancia con los principios de sostenibilidad y de la preservación de la calidad de vida y medio ambiente. Entre las perspectivas: continuar impulsando la introducción de tecnologías de riego agrícola eficientes y ahorradoras del recurso agua, entre ellas el goteo y sistemas estacionarios eléctricos, así como la construcción de sistemas de drenaje adecuados para suelos con drenaje deficiente, crear sistemas de alerta temprana de eventos naturales extremos como las sequías y las inundaciones, así como los software y modelos necesarios que permitan prepararse ante lluvias extremas provenientes de ciclones y huracanes, perfeccionar los sistemas de tratamientos de aguas residuales de diferentes tipos que contaminan las aguas interiores y la zonas costeras (Saborit, 2003).

La diversidad biológica es la clave para adaptarse al cambio de clima global. Si hemos de adaptar los sistemas de producción de alimentos a condiciones radicalmente nuevas en las próximas décadas, la diversidad vegetal y animal será el recurso clave para hacerlo (Grupo Crucible II, 2001).

Los estudios científicos sobre variedades adaptadas a condiciones de estrés hídrico y salino, las tecnologías para áreas marginales, el uso del riego con técnicas ahorradoras de agua y de energía, entre otros, ponen a Cuba en condiciones de contribuir a la mitigación por los efectos del cambio climático que se producirá sobre la agricultura (García y Jorge, 1994).

2.12. Utilización de los Análisis Univariados y Multivariados

Los Análisis Multivariados se han convertido en una herramienta eficaz en manos de los mejoradores de plantas para la evaluación de los resultados del trabajo, los que han sido ampliamente utilizados en la clasificación de ambientes y genotipos Nagatomi y Oshiro, (1983).

En Cuba se ha reportado su uso en caña de azúcar por diferentes investigadores, (Álvarez, 1984; Gálvez, 1984; Bernal, 1994; López, 1986; Milanés et al., 1987b y 1988a; Bernal et al., 1988; Mesa, 1988; Jorge et al., 1989a; Castro et al., 1990; Castro, 1991; Vega, 1993, González, 1995 y Jorge y García, 1995), fundamentalmente en etapas avanzadas de selección.

Entre los Análisis Multivariados más comúnmente utilizados y así se reflejan en la literatura, se encuentran los de Componentes Principales y los de Conglomerados o Clasificación Automática (Clusters). Milanés et al., (1988a), plantearon que la adecuada combinación de Análisis Factoriales de correspondencia simple, de Componentes Principales y Discriminante, aporta alto grado de precisión para decidir las variables fundamentales para clasificar los ambientes en la caña de azúcar.

García (2004), planteó que en el Análisis de Componentes Principales, los componentes entre genotipos y entre ambientes se extraen sucesivamente de forma tal que cada uno extraiga el máximo posible de variación en el sistema y todos son ortogonales entre sí. Este método se ha utilizado con éxito en las investigaciones agrícolas y corresponde a un modelo lineal de regresión, donde se parte de un conjunto de variables correlacionadas, buscándose un nuevo conjunto de variables independientes e incorrelacionadas (Linares et al., 1986), este tipo de análisis es útil cuando es necesario reducir el número de variables, perdiendo el mínimo de información Tomeu, (1984). Bernal, (1996), obtuvo de las dos primeras componentes un resultado similar a los obtenidos por previo Análisis de Regresión, señaló que el primer grupo estuvo relacionado a la línea de respuesta general, medida por el promedio de todas las líneas en cada época y sugiere el uso de medidas físicas, especialmente climáticas para el uso del Análisis de Componentes Principales para la clasificación de ambientes.

Tomeu et al., (1984) y Bernal (1996), emplearon los análisis de Componentes Principales para la clasificación de variedades de caña de azúcar cultivadas, en diferentes ambientes

en las provincias occidentales de Cuba, señalando que las t pol/ha resultaron determinantes para caracterizar el resto de las variables.

Las técnicas de Análisis Multivariados pueden ser útiles, especialmente cuando los mejoradores están interesados en más de un carácter, tal como lo señaló Basford (1982), lo que esta en correspondencia con el mejoramiento comercial de la caña de azúcar, en que la decisión de aceptación o rechazo depende generalmente de un conjunto de caracteres y no de uno en específico, aspecto este que puede ser extendido a los criterios para la selección de progenitores y familias.

Uno de los mayores valores de las técnicas multivariadas ha sido servir como un complemento eficaz de los Análisis Univariados en la evaluación de ambientes, genotipos y progenies (Gálvez, 1984; Castro, 1991; Jorge et al., 1994 y González, 1996).

Bernal (1986), señaló que en la clasificación de ambientes los mejores resultados los obtuvo cuando se combinaron adecuadamente las técnicas univariadas con las multivariadas. Similar resultado comprobó Milanés (1988), señalando la utilidad de usar la combinación de Análisis

Estadísticos Univariados y Multivariados para determinar el efecto de los genotipos, clasificar ambientes y el efecto de sus variables e interacciones sobre el desarrollo de los genotipos. El empleo conjunto de Análisis Univariados y Multivariados resulta de gran utilidad ya que posibilita la obtención de un conocimiento más completo sobre las progenies y el efecto de los progenitores.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) en Ranchuelo, Villa Clara, donde fueron plantados 12 experimentos, desde noviembre de 2002 hasta octubre de 2003, en bloques completamente al azar con tres repeticiones, en secano. El área de las parcelas es de 48 m², con un largo de 7.5 m, por un ancho de 1.60 m, con cuatro surcos de ancho Pérez y Milanés (1979).

Los genotipos evaluados fueron: C1051-73 (madurez temprana de alto contenido azucarero y adaptable a los ciclos largos de cosecha), C86-12 (madurez intermedia, resistentes a las principales plagas, adaptable a condiciones de mal drenaje, sequía, salinidad y a ciclos largos de cosecha, además de ser la principal variedad en la composición varietal del país) y My5514 (madurez tardía, resistentes a las principales plagas, alto rendimiento agrícola y un alto porcentaje digestibilidad de la materia seca).

3.1. Suelos donde se desarrollaron los estudios

El suelo donde se desarrolló el estudio fue, Pardos Sialítico según Hernández et al., (2006). Las características químicas y físicas aparecen en la tabla 1.

Tabla 1. Características de los suelos estudiados

Lugar	pHK Cl	M O	NT	P	Ca	Mg	K	Ca/ Mg	CC	D A	D R	VELIN F	PEF
ETIC A	7,03	2,3 8	0,2 3	16, 08	83, 0	2,6 0	0.5 0	31,9	51,4 6	1, 32	2,6 7	24	60

CC..... Capacidad de Campo

DA..... Densidad Aparente

DR..... Densidad Real

VELINF... Velocidad de Infiltración

PEF..... Peso Específico

Las precipitaciones medias anual presentadas durante el período en el que se desarrollaron los experimentos se expresan en la tabla 2.

Tabla 2. Precipitaciones medias anual.

Precipitaciones Medias Anual (mm)	ETICA
Caña Planta	1 298,6

3.2. Tratamientos estudiados y Variables evaluadas

Los tratamientos estudiados fueron las edades de 9 - 24 meses durante todos el año. Las cosechas de los experimentos se realizaron de agosto de 2003 a Octubre de 2005, en la cepa de caña planta, las variables evaluadas fueron porcentaje de pol en caña (ppc), toneladas de caña por hectárea (t caña/ha) y toneladas de pol por hectárea (t pol/ha), según la metodología establecida por el INICA (Jorge et al., 2002).

3.3. El Momento de plantación y cosecha de los diferentes estudios.

Los estudios se plantaron desde el mes de Noviembre del 2002 hasta Octubre del 2003. Los experimentos se cosecharon desde 9 hasta 24 meses de edad en caña planta, como se refleja en (Tabla 3).

Tabla 3. Esquema de siembra y de cosecha de los experimentos

		EDAD DE COSECHA															
F.SIEM	CP	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
NOV_02	P	Ago-03	Spt-03	oct-03	nov-03	dic-03	ene-04	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04
DIC_02	P	PST-03	oct-03	nov-03	dic-03	ene-04	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04	dic-04
ENE_03	P	Oct-03	nov-03	dic-03	ene-04	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04	dic-04	ene-05
FEB_03	P	Nov-03	dic-03	ene-04	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04	dic-04	ene-05	feb-05
MAR_03	P	Dic-03	ene-04	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04	dic-04	ene-05	feb-05	mar-05
ABR_03	P	Ene-04	feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04	dic-04	ene-05	feb-05	mar-05	abr-05
MAY_03	P	Feb-04	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04	dic-04	ene-05	feb-05	mar-05	abr-05	may-05
JUN_03	P	mar-04	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04	dic-04	ene-05	feb-05	mar-05	abr-05	may-05	jun-05
JUL_03	P	abr-04	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04	dic-04	ene-05	feb-05	mar-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05
AGO_03	P	may-04	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04	dic-04	ene-05	feb-05	mar-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05
SEP_03	P	jun-04	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04	dic-04	ene-05	feb-05	mar-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05
OCT_03	P	jul-04	ago-04	sep-04	oct-04	nov-04	dic-04	ene-05	feb-05	mar-05	abr-05	may-05	jun-05	jul-05	ago-05	sep-05	oct-05

3.4. Agrupamiento de las edades y momento de cosecha

Para agrupar las edades y los momentos de cosecha se establecieron 4 y 5 grupos respectivamente (Tablas 5 y 6).

Tabla 5. Agrupamiento por edades al efectuar la cosecha.

Edad 1	De 9 – 12 meses
Edad 2	De 13 – 16 meses
Edad 3	De 17 – 20 meses
Edad 4	De 21 – 24 meses

Tabla 6. Agrupamiento por momento de efectuar la cosecha.

Grupo 1	De nov – ene
Grupo 2	De feb – mar
Grupo 3	De abr – may
Grupo 4	De jun – ago
Grupo 5	De sep – oct

3.5. Comparación de los agrupamientos

Para cada grupo de los diferentes momentos de cosecha, se realizó un análisis de varianza de efectos fijo, de clasificación doble según Eisenhart (1947), con el objetivo de caracterizar los agrupamientos.

El modelo utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \beta_j + (\beta\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Efecto de la j-ésima edad, del i-ésimo cruce con la k-ésima medición.

μ = Media general.

β_i = Efecto del i-ésima variedad.

β_j = Efecto de la j-ésima edad.

$(\beta\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésima variedad en la j-ésima edad.

e_{ijk} = Error asociado al i-ésimo cruce en la j-ésima edad en la k-ésima medición.

Los datos originales fueron comprobados para su ajuste a la normalidad, mediante una prueba de Chí cuadrado. El paquete estadístico utilizado fue el STATICF, versión 4.0.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de la producción agro azucarera en las variables estudiadas.

4.1.1. Resultados en la variable tonelada caña/ha.

El análisis de varianza bifactorial ofreció que en la variable t caña/ha, la interacción variedad por edad de cosecha resultó significativo en las cinco ocasiones posibles (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de varianza en la variable t caña/ha.

	t caña/ha									
	NVEN		FBMR		ABMY		JJA		SPOC	
CV	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG
Variedad	7375.8		10507.7		5434.6		4688.9		9236.6	
	6	**	6	**	9	**	8	**	0	**
Edcos_N	5399.3		11061.7		8938.7		5364.6		1626.7	
	4	**	4	**	4	**	7	**	6	**
Var X					1458.3					
Edcos_N	758.19	**	2316.85	**	9	**	276.49	*	836.23	*
Error	230.81	-	213.72	-	201.33	-	100.31	-	312.85	-

La producción agrícola (t caña/ha) en el periodo noviembre a enero (figura 1), ofreció que los mejores resultados significativamente fueron alcanzados por el genotipo My5514 a la edad de 17-20 meses, en cambio los peores resultados se presentaron en la variedad C1051-73 a la edad de 9-12 meses.

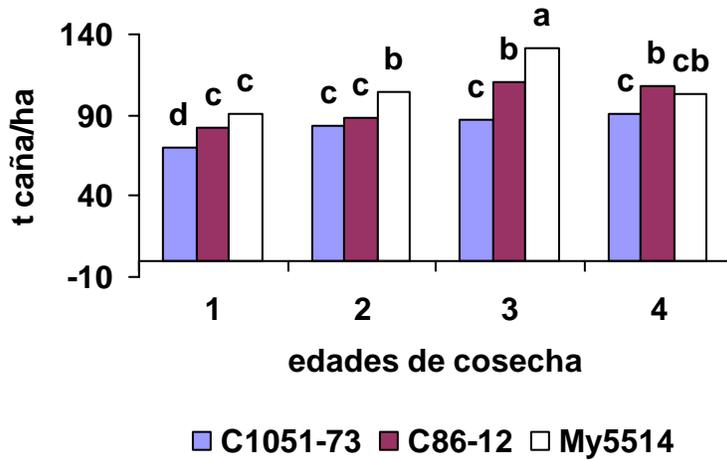


Fig1. Producción agrícola (tonelada caña/ha) en el periodo noviembre-enero, planta. En el periodo de febrero-marzo y abril-mayo (figura 2 y 3), ofreció que los mejores resultados significativamente lo alcanza My5514 a la edad de 21-24 meses, genotipo este con alta producción de caña y madurez tardía, por lo que a medida que avanza el periodo de zafra, favorece sus potencialidades agro productivas; sin embargo la variedad C1051-73 a la edad de 9-12 meses se mantiene como la de peores resultados en todo este ciclo analizado anteriormente.

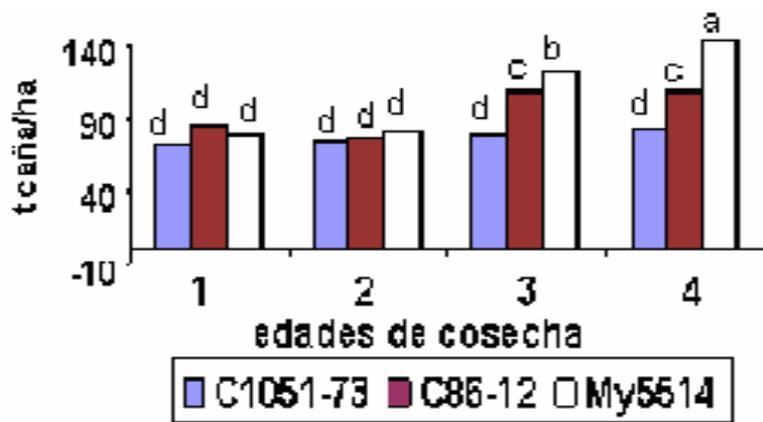


Fig.2. Producción agrícola (tonelada caña/ha) en el periodo Febrero-Marzo, planta.

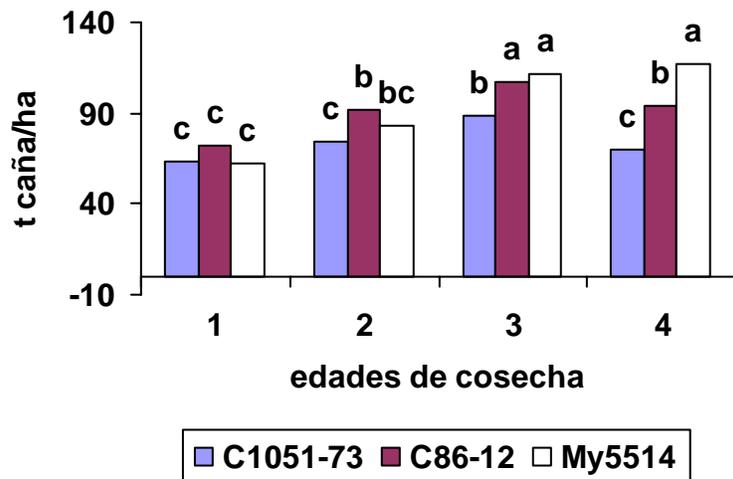


Fig.3. Producción agrícola (tonelada caña/ha) en el periodo Abril-Mayo, planta

En el periodo de Junio-Agosto (figura 4), la variedad My5514 presentó destacados resultados a las edades de (13-16,17-20 y 21-24) meses, encontrándose C1051-73 con bajos valores a la edad de 9-12 meses.

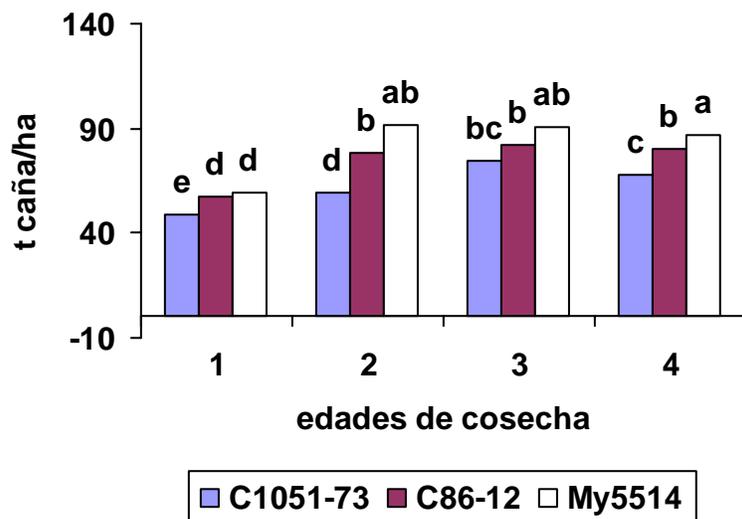


Fig.4. Producción agrícola (tonelada caña/ha) en el periodo junio- agosto, planta.

En el periodo de Septiembre a octubre (figura 5), ofreció los mejores valores significativamente en My5514 a las edades de 17-20 y 13-16 meses, así como C86-12 en esta última edad.

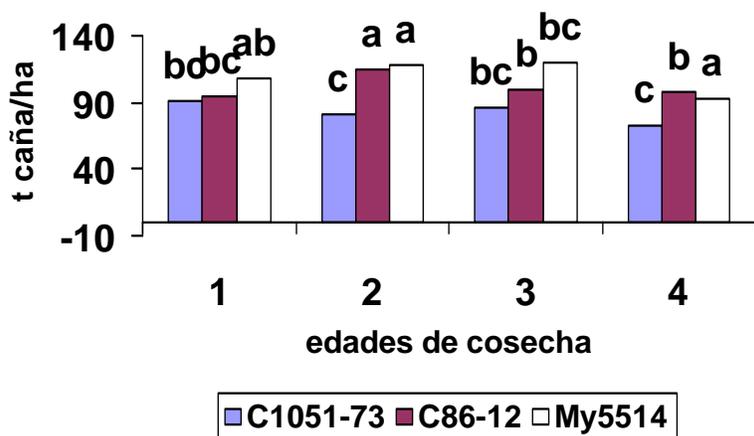


Fig.5. Producción agrícola (tonelada caña/ha) en el periodo septiembre-octubre, planta.

4.1.2. Resultados en la variable porcentaje de pol en caña.

El análisis de varianza bifactorial ofreció que en la variable PPC, la interacción variedad por edad de cosecha resultó significativo en dos de las cinco ocasiones posibles (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis de varianza en la variable porcentaje de pol en caña.

	Porcentaje pol en caña									
	NVEN		FBMR		ABMY		JJA		SPOC	
CV	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG
Variedad	65.03	**	10.18	**	36.72	**	78.08	**	250.64	**
Edcos_N	10.69	**	12.66	**	16.78	**	229.17	**	1.37	NS
Var X Edcos_N	2.87	**	1.35	*	1.15	NS	1.93	NS	1.46	NS
Error	0.43	-	0.54	-	0.67	-	1.65	-	0.92	-

La producción azucarera en el periodo noviembre a enero (figura 6), alcanzó los mejores resultados significativamente C1051-73 a las edades de 13-16, 17-20 y 21-24

meses y C86-12 a la edad de 13-16 meses, así como My5514 a la edad de 21-24 meses con resultados negativos.

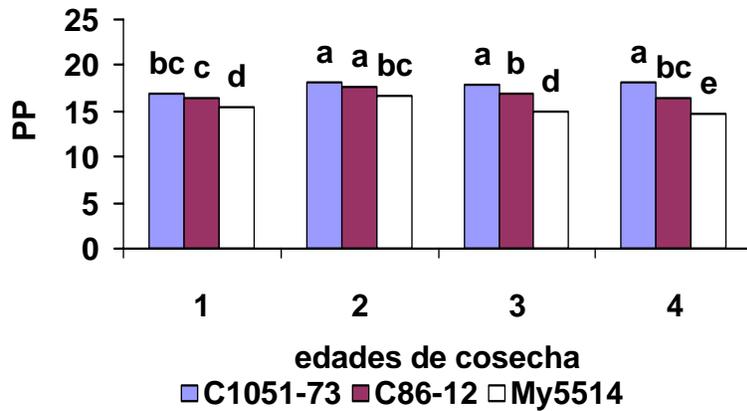


Figura 6. Producción azucarera (PPC) en el periodo de noviembre a enero, planta.

En el periodo de febrero a Marzo (figura 7), C1051-73 presentó los valores más destacados a las edades de 13-16, 21-24 y 17-20 meses, así como C86-12 y My5514 en esta última. Sin embargo de forma negativa presentaron los más bajos valores, los tres cultivares a la edad de 9-12 meses, así como My5514 de 13-16 y 21-24 meses de edad.

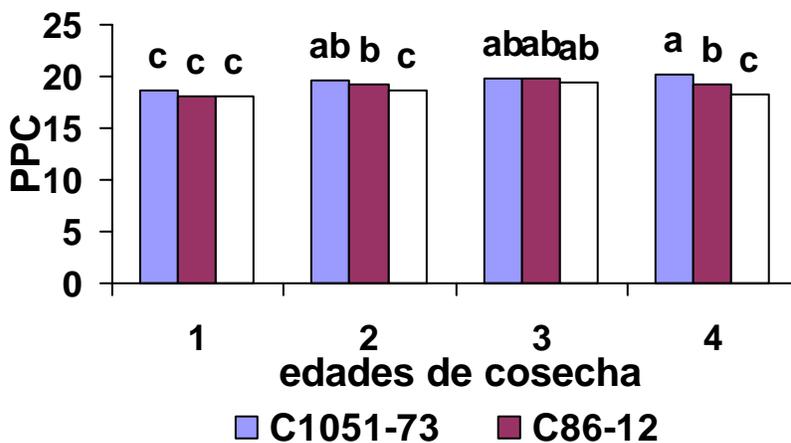


Figura 7. Producción azucarera (PPC) en el periodo de febrero a Marzo, planta.

4.1.3. Resultados en la variable tonelada de pol/ha.

El análisis de varianza bifactorial ofreció que en la variable t pol/ha, la interacción variedad por edad de cosecha resultó significativo en las cinco ocasiones posibles (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de varianza en la variable t pol/ha.

	t pol/ha									
	NVEN		FBMR		ABMY		JJA		SPOC	
CV	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG
Variedad	51.79	**	285.95	**	131.11	**	32.70	**	27.04	**
Edcos_N	147.18	**	477.59	**	430.05	**	374.72	**	35.13	**
Var X										
Edcos_N	19.67	*	71.20	**	46.40	**	7.70	*	14.85	**
Error	7.60	-	8.24	-	8.83	-	3.23	-	4.47	-

La producción de azúcar (t pol/ha) en los periodos noviembre a enero y febrero a marzo (figura 8 y 9), ofreció que el genotipo My5514 alcanzó los mejores valores significativamente a la edad de 17-20 y 21-24 meses respectivamente, coincidiendo con los resultados reportado por Delgado (2008). En este periodo C1051-73 a la edad de 9-12 meses ofrece los valores negativos.

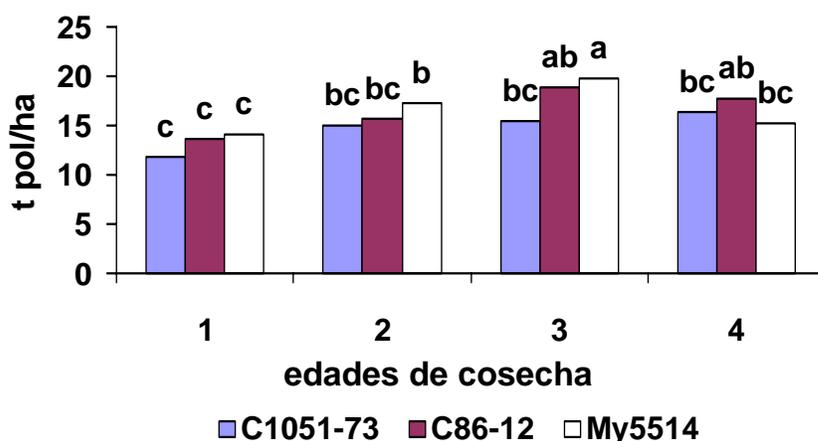


Figura 8. Producción de azúcar (t pol/ha) en el periodo de noviembre a enero, planta.

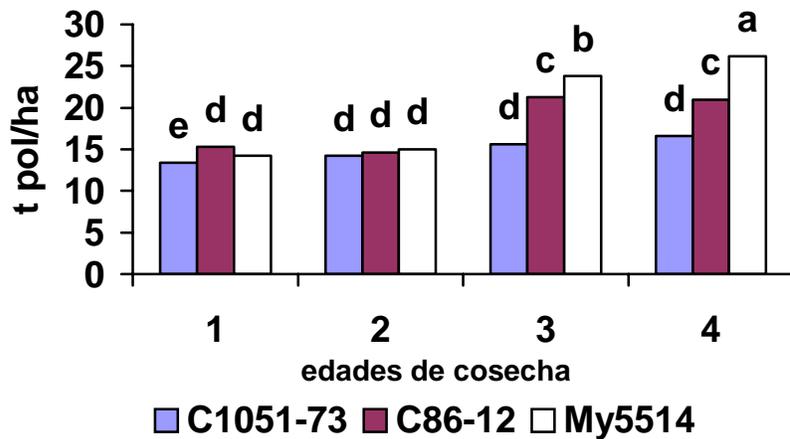


Figura 9. Producción de azúcar (t pol/ha) en el periodo de febrero a marzo, planta.

Es de destacar negativamente en el periodo junio a agosto (figura 10), que las variedades alcanzan los peores resultados a la edad de 9-12 meses, reafirmando un criterio de Martín et al., (1987), de que a esta edad los cultivares no alcanzan alto potencial azucarero para realizar su cosecha.

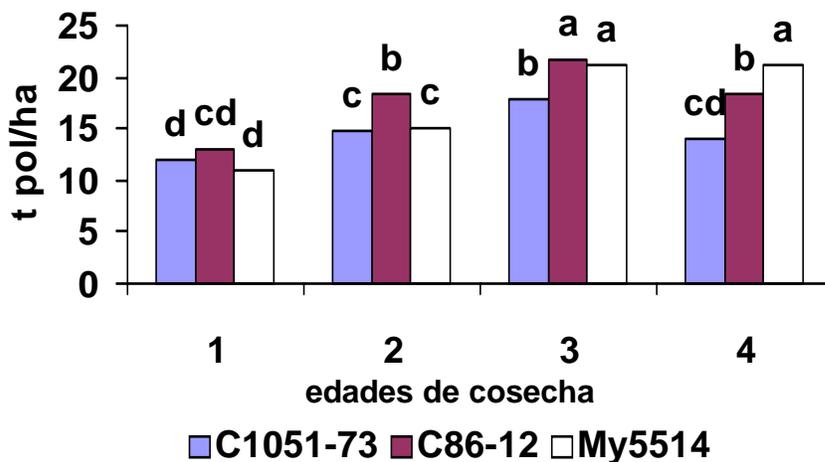


Figura 10. Producción de azúcar (t pol/ha) en el periodo de junio a agosto, planta.

En el periodo de septiembre a octubre (figura 11), ofreció que el cultivar C86-12 alcanzó los resultados más relevantes a la edad de 13-16 meses y C1051-73 de 9-12 meses, presentando los peores valores My5514 a la edad de 21-24 meses.

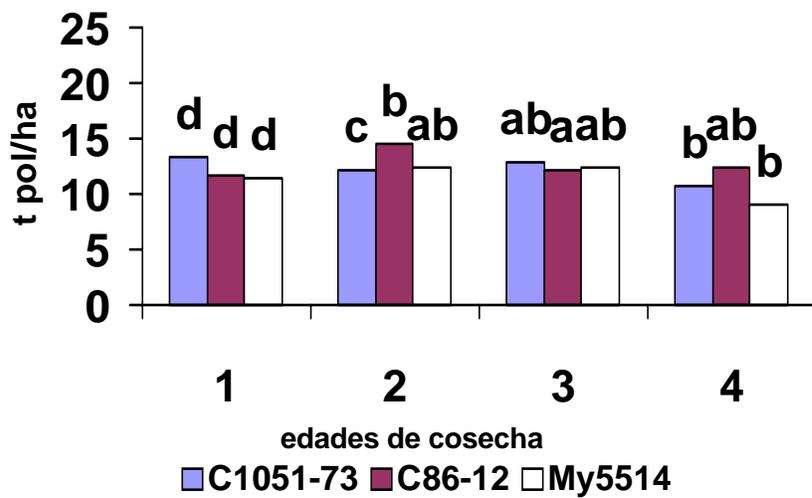


Figura 11. Producción de azúcar (t pol/ha) en el periodo de septiembre a octubre, planta.

En el periodo de septiembre a octubre (figura 12), ofreció que el cultivar C86-12 alcanzó los resultados más relevantes a la edad de 13-16 meses y C1051-73 de 9-12 meses, presentando los peores valores My5514 a la edad de 21-24 meses.

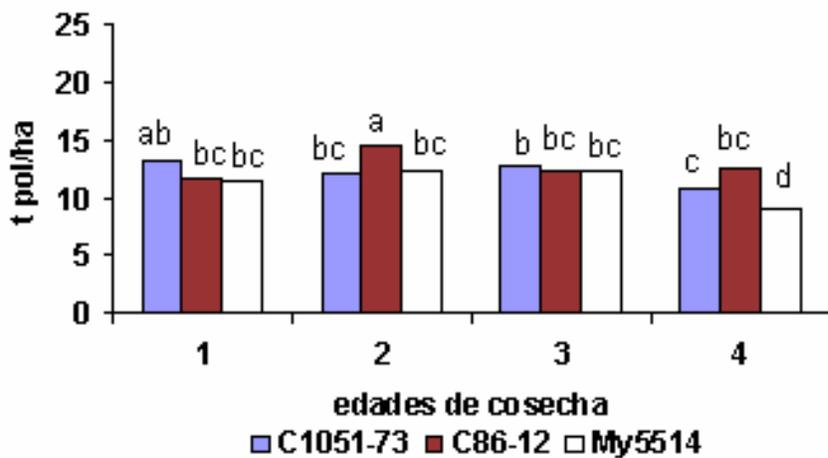


Figura 12. Producción de azúcar (t pol/ha) en el periodo de septiembre a octubre, planta.

5. Conclusiones

1. El genotipo My5514 alcanza significativamente el mejor resultado agro azucarero a las edades de 17-20 y 21-24 meses durante todos los periodos evaluados.
2. El porcentaje de pol en caña resultó significativo en los periodos de noviembre – enero y febrero – marzo, ofreciendo los valores más destacados C1051-73 y C86-12 a las edades superiores a los 13 meses.
3. El cultivar C1051-73 ofreció significativamente el peor resultado agro azucarero durante los periodos evaluados a las edades de 9-12 meses.

6. Recomendaciones

Repetir este trabajo en cepa de retoño para continuar evaluando los cultivares en las diferentes edades y momentos de cosecha.

Iniciar la contienda azucarera a partir de la segunda decena del mes de noviembre con edades superiores a los 13 meses, así como evitar las cosechas a los 9-12 meses, por no encontrarse altos potencialmente los cultivares a esta edad.

Bibliografía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alexander, A. G. (1973). Sugar cane physiology. Elsevier publishing Co. New Cork.
2. Alexander, A. G. y J. Lebrón. (1968). Isolation and purification of amylase from sugarcane leaves. ISSCT, 13:514-521.
3. Álvarez; M. (1984): Utilización de la clasificación automática para determinar los efectos de las localidades sobre los rendimientos azucareros de un grupo de variedades de caña de azúcar en 6 regiones de la provincia Habana. Jornada XX Aniversario INICA, p. 12.
4. Basford, J.E. (1982). The use of multidimensional scaling in analyzing multiattribute phenotype response across the environments. Aust. J. Agric. Res., 33:473- 480.
5. Bernal; N. (1986). Clasificación de ambientes en las provincias de Holguín, Las Tunas y Granma en los estudios de regionalización de variedades de caña de azúcar. Tesis para optar por el grado C. Dr. en Ciencias Agrícolas. INICA, MINAZ, 106 pp.
6. Bernal; N., E. López y L. Guardarrama. (1984). Interacción gxe en caña de azúcar en tres localidades de la provincia de Matanzas. 44 Cong, ATAC, pp.105-116.
7. Bernal; N., S. Castro, J. M. Mesa y P.P. Leal. (1988). Resultado de la variedad C1324-74 en cinco zonas Agroclimáticas cañeras. 45 Congreso de la ATAC, Resúmenes p. 41.
8. Castro; S. (1991). Evaluación de ambientes y genotipos de caña de azúcar en la provincia de Holguín. Tesis para optar por el grado de C. Dr. en Ciencias Agrícolas. INICA, MINAZ, 95 pp.

9. Castro; S., N. Bernal y J. Freeman. (1990). Clasificación de ambientes en caña de azúcar. Análisis Factorial y Componentes Principales en etapas intermedias. Centro Azúcar, 3:32-44.
10. Centella, A. (2002). Diccionario meteorológico Internacional. Disponible en: <http://www.infomet.fcr.es/assaig/S.htm>.
11. CITMA (2002). Presentación Informe Final del Programa Nacional Científico Técnico (NCT) Producción de Alimentos por vías sostenibles, GEPROP-CITMA, 40 pp.
12. Clements, H. F. (1940). Integration of physiologic and climatic factors with referent to production of sugarcane. Haw. Plant. Rec., 44:210-233.
13. Delgado I. (2008). Manejo sostenible de variedades de caña de azúcar en Cuba. Tesis en opción al título académico de master en agricultura sostenible. UCLV.
14. Díaz Mujica, F. R. et al. (2002). Contribución económica e impacto ambiental de la recomendación, sustitución, manejo y protección fitosanitaria de las variedades de Caña de Azúcar en la provincia de Villa Clara. Premio CITMA Provincial.
15. Díaz Mujica, F. R; H. García; L. Aguilera (2000). Variedad de caña de azúcar que aporta soluciones para la producción comercial cubana. Memoria XII Seminario Científica del INCA, p. 144.
16. Eisenhart, C. (1947). The assumption underlying. The Analysis of variance. Biometrics, 3:1-11.
17. Gálvez, G. (1992). ¿Es necesario la obtención de variedades de alto contenido azucarero para iniciar zafra?. Resúmenes del 46 Congreso ATAC, p. 40.
18. Gálvez; G. (1984). Uso de la Regresión Lineal y del Análisis de Componentes Principales para clasificar los genotipos y los ambientes en experimentos de variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp. Hib.*) 44 Congreso ATAC, 64: 117-128.

19. García, H. (2004). Optimización del proceso de selección de variedades de caña de azúcar tolerantes al estrés por sequía y mal drenaje en la región central de Cuba. Tesis presentada en opción al grado Científico de Dr. en Ciencias Agrícolas. INICA.
20. García; H., H. Jorge. (1994). Determinación del tamaño de muestra para la caracterización de los cruzamientos en las etapas iniciales de selección. Resúmenes V Jornada Científica del INICA, p. 18.
21. González A. (1995). Caracterización del efecto ambiental en estudios de regionalización de variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp híbrido) en la provincia de las Tunas. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana, 100 pp.
22. González; R. M.(1996). Desarrollo de Líneas de Mejoramiento Genético para la Obtención de Variedades de Alto Contenido Azucarero. Proyecto Básico o de Creación Científica, 40 pp
23. Grupo Crucible II. (2001). Siembra de Soluciones. Tomo 1. Alternativas políticas en materia de recursos genéticos (actualización de Gente, Plantas y Patentes). Publicación Conjunta IPGRI, CIID, FDH. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos y la Fundación Dag Hammarskjöld, pp. 1-124.
24. Guerra, R. (1961). Azúcar y Población en las Antillas. Imprenta Nacional, La Habana, Cuba. ICIDCA-ONU-DI-GEPLACEA, 1985. Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar, La Habana, 1985 INICA. 1996. Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y enmiendas. Departamento de Suelos y Fertilizantes del INICA. Cuba.
25. Hartmut Graßl - Peter Hupfer - José L. Lozán Summer (2001). Revista. Introducción al problema Global del Clima.
26. Hernández A., Marisol Morales, M., Ascanio, y F., Morell, (2006). Manual para la aplicación de la nueva versión de clasificación Genética de los Suelos de Cuba, 234 pp Libro Digital. INICA, La Habana, Cuba.

27. glesias, Lourdes (1994b). "Revisión sobre diversos aspectos relacionados con la tolerancia al estrés de calor en plantas". Cultivos Tropicales 15(2) p99-107.
28. INICA (2002). Código de Variedades para uso del SERVAS (act. 2002). Documento impreso.
29. Jorge H., R. González, M. A. Casas, Ibis Jorge, (2002). Normas y Procedimientos del programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar. INICA.
30. Jorge, H., H. García., N. Bernal., Ibis Jorge., A. Vera., y O. Suárez. (2007). Variedades de caña de azúcar en Cuba. Una nueva concepción y manejo. XXX Convención Nacional ATAM. Veracruz.
31. Jorge; H. y H. García. (1994 a). Influencia de las localidades en la segunda etapa de selección de variedades de caña de azúcar. I Análisis Univariado y Multivariado. Resúmenes V Jornada Científica del INICA, p 27.
32. Jorge; H. y H. García. (1994 b). Influencia de las localidades en la segunda etapa de selección de variedades de caña de azúcar. II Simulación de la Selección Individual y Simultánea. Resúmenes V Jornada Científica del INICA, p 28.
33. Jorge; H. y H. García. (1995). Influencias de las variables agroclimáticas en los estudios de clasificación de ambientes. Fondo Nacional de Manuscritos Científico Técnico (FNMCT) de la BNLT-IDICT/MCTMA.
34. Jorge; H., H. García y V. A. González (1994). Empleo de los análisis multivariados en la última etapa de selección en caña de azúcar. Memoria del 11^{no} Congreso Latinoamericano de Genética y XV Congreso de Fitogenética. México, p 134.
35. Jorge; H., H. García, E. Rodríguez y N. Jiménez. (1989a). Clasificación de las localidades en experimentos de variedades de caña de azúcar en la provincia de Cienfuegos Rev. ATAC, 4:28-36.

36. Lecha, L.; L.R. Paz y B. Lapinel (1994). "El clima en Cuba". Editorial Academia. La Habana. 186p
37. Linares; F. G., R. Acosta L. y V. Sistachs V. (1986). Estadística Multivariada. La Habana. 320 pp.
38. López E. P. (1986). Influencia de algunos factores del ambiente sobre el rendimiento y aplicación de tres métodos de estabilidad en los estudios de regionalización de variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en las provincias de Camagüey y Ciego de Ávila. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana, 198 pp.
39. Martín J. R; G. Gálvez, R. de Armas; R, Espinosa; R. Vigoa y A. León. (1987). La caña de azúcar. Editorial Científico-Técnica. La Habana.
40. Mesa; L. J. Ma. y N. Milanés, (1988). Interacción genotipo-ambiente en 10 genotipos de caña de azúcar y tres localidades de la provincia La Habana. Boletín INICA, pp. 1-10.
41. Milanés; N., A. Cabrera y A. Mesa. (1988a). Interacción gxe y clasificación de ambientes en la 3ra etapa del esquema de selección de caña de azúcar. I. Influencia de las propiedades físico-químicas del suelo. Revista INICA, 5, 1, p. 11.
42. Milanés; N., J. M. Mesa y A. Cabrera. (1987 b). Comportamiento de 10 genotipos en 3 épocas de plantación y cosecha. II Análisis de Componentes Principales. Revista INICA, 3, 1:84-94.
43. Nagatomi S. and Y. Oshiro. (1983). Classifications for sugar cane wild germplasm by methods of numerical taxonomy. Proc. ISSCT, vol. 2:650-660.
44. Pérez, J. R.; I. A. Cuellar; M. E. de león; M. Santana; J. R. Fonseca y M. Pérez. (2004). Caña de Azúcar: Captación, conservación y manejo sostenible del agua y la humedad del suelo. Serie caña de Azúcar Siglo XXI. Suplemento especial de la Revista Cuba & Caña. Noviembre, 2004, 43 pp.

45. Pérez, J.L. y N. Milanés (1979). Revista Ciencias de la Agricultura. No 4.
46. Reynoso A. (1862). Ensayo sobre el cultivo de la caña de azúcar. Quinta Edición. Ediciones Burgay y Cía, La Habana, 606. pp.
47. Rivacoba, R. y Morín, R. (2005). Caña de azúcar y sostenibilidad. Enfoques y experiencias cubanas.
48. Romero, E.; J. Scandaliaris y M. Rufino 2000. Fluazifop: su empleo como madurador químico de la caña de azúcar en Tucuman-Argentina. Publicion especial EEAOC(17).
49. Rousselet, G.R. (1965). Glucosa ratio for maturity testing of sugar cane. ISSCT, 12:715-721.
50. Rufino Mariana, Romero E R, Pérez F, Alonso L, Rufino L, (2001) Importancia del Manejo de la maduración en la mejora de la recuperación de azúcar en Tucumán. Análisis de estrategias orientadas a incrementar la recuperación de azúcar en Tucumán-Argentina. Publicación Especial N 20. Tucumán-Argentina.
51. Saborit. Ileana (2003). Rev. Ciencia, Innovación y Desarrollo, Vol. 8 No. 1:19-25.
52. Tomeu, A.; M. Álvarez; F. Méndez e Ibis Jorge (1984). Clasificación de variedades de caña de azúcar cultivadas en diferentes ambientes de las provincias orientales. Memoria 44 Congres.
53. Vega, A. (1993). "Evaluación de algunos aspectos relacionados con la etapa intermedia de selección de la caña de azúcar en Cuba. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas. INICA. MINAZ, 103 pp.
54. Viqueira, Liliam y C. Lamelas (1999). "Planificación del régimen riego de proyecto y explotación usando los factores del efecto del rendimiento. Resúmenes AGROMEC. p 47.
55. Visiva J. y S. Kasinath. (1935). The top/bottom ratio method for determining the maturity of sugar cane. ISSCT, 5:172-189.

56. Wikipedia, (2005). <http://wikimediafoundation>. Enciclopedia libre