

UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS
“JOSÉ MARTÍ PÉREZ”
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ingeniería de Procesos Agroindustriales
Filial Universitaria Municipal Cabaiguán



TRABAJO DE DIPLOMA

**Título: Estudio y propuestas de nuevos cultivares de caña de
azúcar (*Saccharum* spp.) obtenidos en la Estación Provincial de
Investigaciones de la Caña de Azúcar**

Autor: Alfredo Luís Álvarez Rojas.

Tutor: Dr.C. Ing. Víctor Caraballosa Torrecilla.

Curso 2011-2012.

Resumen

El mejoramiento genético mediante cruzamientos y selección constituye la vía para garantizar la continuidad de la industria azucarera en el mundo. La obtención de nuevos genotipos de caña de azúcar mejorados es un proceso continuo en el tiempo, debido a la necesidad del reemplazo de las variedades. El presente trabajo se realizó con el objetivo recomendar nuevas variedades de caña de azúcar para ser estudiadas en la etapa de extensión (última dentro del esquema de selección). El estudio se desarrolló en cuatro cepas, entre julio de 2007 (época de plantación de frío) y marzo de 2012 (tercer retoño). Se emplearon 12 variedades, ubicadas en un diseño de bloque al azar con tres repeticiones, a las que se le evaluó el rendimiento agrícola, el contenido y rendimiento azucarero, con las que se realizaron sendos análisis de varianzas bifactoriales (cepa y variedad) y con las que se emplearon dos tipos de Modelos AMMI, el primero para definir la estabilidad de los factores del estudio y el segundo para relacionar en un mismo gráfico cada variable con su estabilidad. Dentro de los resultados más relevantes se encontró que las variedades de mejor rendimiento agrícola, contenido y rendimiento azucarero fueron la C94-286 y C93-259 las que se recomendaron para estudios de extensión. La de mejor estabilidad fenotípica en las cepas, a partir de las condiciones agro-climáticas de la Estación Experimental de caña de la provincia de Sancti Spíritus, fueron para las variedades C93-251, C98-258 y C97-283.

Abstract

The genetic improvement by means of cross and selection constitutes the road to guarantee the continuity of the sugar industry in the world. The obtaining of new improved genotypes of cane of sugar is a continuous process in the time, due to the necessity of the substitution of the varieties. The present work was carried out with the objective to recommend new varieties of cane of sugar to be studied in the extension stage (last inside the selection outline). The study was developed in four stumps, among July of 2007 (time of plantation of cold) and March of 2012 (third sprout). 12 varieties were used, located at random in a block design with three repetitions, to those that was evaluated the agricultural yield, the content and sugar yield, with those that were carried out for equals analysis of variances bifactorials (stump and variety) and with those that two types of Model AMMI were used, the first one to define the stability of the factors of the study and the second to relate in oneself graph each variable with its stability. Inside the most outstanding results it was found that the varieties of better agricultural yield, content and sugar yield were the C94-286 and C93-259 those that were recommended for extension studies. That of better stability phenotype in the stumps, starting from the agriculture-climatic conditions of the Experimental Station of cane of the county of Sancti Spíritus, was for the varieties C93-251, C98-258 and C97-283.

TABLA DE CONTENIDO	Pág.
Introducción	1
Capítulo I. Fundamentación teórica.....	5
1.1. El cultivo de la caña de azúcar. La agroindustria azucarera cubana.....	5
1.2. Mejoramiento genético de la caña de azúcar.	6
1.3. La interacción genotipo-ambiente en el cultivo de la caña de azúcar.....	7
1.4. Etapas del esquema de selección de nuevas variedades.	9
1.5. Estabilidad y adaptabilidad fenotípica.....	12
1.6. Enfermedades de la caña de azúcar.	16
Capítulo II. Materiales y métodos	18
2.1. Características agroindustriales de nuevas variedades.....	18
2.2. Estabilidad fenotípica de las nuevas variedades.	21
2.3. Recomendación a estudios de extensión de las mejores variedades.....	22
Capítulo III. Resultados y discusión.....	24
3.1. Características agroindustriales de las nuevas variedades.	24
3.2. Estabilidad fenotípica de las nuevas variedades.	31
3.3. Recomendación a estudios de extensión de las mejores variedades.....	34
4. Conclusiones.	40
5. Recomendación.....	41
6. Referencias bibliográficas.....	42
7. Anexos.....	52

Introducción

El mejoramiento genético mediante el cruzamiento y la selección constituye la vía para garantizar la continuidad de la industria azucarera en el mundo, lo que facilita la introducción de nuevos materiales híbridos (Hogarth, 1968 y Bernal, 1986).

En la actualidad el mejoramiento y su expresión práctica, la obtención de variedades comerciales, es responsable de alrededor del 50% de los incrementos en los rendimientos de la caña de azúcar.

Tan importante resulta esta actividad que los países más eficientes en sus industrias azucareras, dedican entre 1 – 1.5 % del valor total de su producción de azúcar a este fin (Cornide, 1999).

Antes de la creación en 1964 del Instituto Nacional de Investigaciones de la caña de azúcar (INICA), nuestro país trabaja en el mejoramiento de este cultivo a través de la hibridación y la selección. Los primeros trabajos en el Jardín Botánico de *Harvard*, ubicado en la provincia de Cienfuegos datan de 1905 (Pérez y col.; 1997), pero no es hasta 1953 que hubo un programa de mejora bien organizado para la caña de azúcar en diferentes regiones del país con el objetivo de mejorar las variedades ya existentes.

El INICA cuenta entre sus principales líneas de trabajo con el Programa de Fitomejoramiento, cuyo objetivo fundamental es la obtención y recomendación de nuevas variedades de Caña de Azúcar a la producción, destacadas por su alto potencial productivo, con resistencia a las principales plagas y enfermedades, así como adaptadas a las principales condiciones edafoclimáticas del país, por lo que las mismas constituyen el eslabón primario y base del mantenimiento de la industria azucarera cubana.

A partir de 1984, el INICA amplió sus investigaciones y creó una red de estaciones que cubría las principales regiones edafoclimáticas (Jorge y col., 1995). Como resultado la nueva estrategia permitió encontrar en la práctica, respuestas específicas para los disímiles ambientes productivos, y una mayor protección fitosanitaria del cultivo, la que garantizará mantener una posición competitiva, aún en condiciones de bajos insumos (González y col., 2005).

La obtención de nuevos genotipos de caña de azúcar mejorados es un proceso continuo en el tiempo, debido a la necesidad del reemplazo de las variedades ya existentes por otras mejor adaptadas y resistentes a las principales plagas y enfermedades que atacan el cultivo (Jorge y col., 2000; Castro y col., 2002).

En estos momentos es válido también tener en consideración el cambio de enfoque en las políticas varietales que ocurre progresivamente en el mundo, dirigidas a la explotación simultánea de numerosas variedades regionales, la reducción del porcentaje límite a ocupar por las variedades principales y el acortamiento del plazo medio de sustitución de las viejas variedades (Jorge y col., 2000). Estas tendencias hacen necesario incrementar aun más el ritmo de obtención de nuevos cultivares con características agro- azucareras adecuadas para su manejo en los distintos periodos de cosecha.

En este sentido es importante obtener y desarrollar variedades comerciales capaces de producir azúcar y altos rendimientos agrícolas, con menos costos y más eficiencia; por cuanto ellas son responsables, además, del incremento sostenido de la producción (Hogarth, 1987).

González y col. (2005), plantearon que la inversión para producir nuevas variedades de caña de azúcar resulta holgadamente recompensada para garantizar la sostenibilidad del cultivo en condiciones especiales, aun cuando las limitaciones materiales no permitan lograr respuestas productivas apreciables.

Una de las innumerables ventajas de la sustitución de variedades comerciales declinantes u otras con problemas fitosanitarios lo presentó Brasil a lo largo de 25 años, actualmente la productividad ha subido a un 25% y el tenor de sacarosa alrededor del 10%, debido casi exclusivamente a la obtención de variedades mejoradas de caña de azúcar (González y col., 2001).

La experiencia de los mejoradores y productores cañeros cubanos en las últimas tres décadas junto a los resultados de las investigaciones han convertido al conocimiento del uso y manejo de las variedades de caña de azúcar y su correcta ubicación, en una tecnología de singular importancia para el incremento de la productividad y consecuente reducción de los costos del sector azucarero, puesto

que a diferencia de otras tecnologías que requieren inversiones costosas, el principal recurso de ésta lo es el uso de la experiencia acumulada y la inteligencia humana .

El uso de mejores variedades de caña de azúcar constituye uno de los más importantes factores para incrementar la productividad, y consecuentemente, la reducción de los costos del sector agro-azucarero. Desde hace muchos años enunciados similares han sido expuestos en publicaciones azucareras de todo el mundo (González *et al.*, 2007).

El cultivo de la caña de azúcar en el mundo se desarrolla sobre una gama muy variada de condiciones edáficas debido a grandes diferencias o cambios de la cubierta vegetal de los suelos, los cuáles son afectados en un sentido u otro de acuerdo con la intensificación del cultivo y las prácticas culturales. Ha quedado demostrado que la caña de azúcar, reacciona sensiblemente con variaciones de la productividad y estado de desarrollo, bajo diferentes condiciones de suelo.

En muchos casos, la corrección de estos factores limitantes, se realiza con la adición del elemento deficitario ó con la modificación favorablemente el factor, lo que conlleva en ambos casos al desembolso de recursos financieros y al encarecimiento de los costos, lo que juega un papel importante la disponibilidad de cultivares con cierto grado de tolerancia y con ello el mejoramiento genético.

Problema científico.

Necesidad de incrementar los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar en las condiciones agro-climáticas de la provincia de Sancti Spíritus.

Objetivo general.

Proponer nuevas variedades de caña de azúcar para las condiciones agroclimáticas dominantes en la provincia de Sancti Spíritus.

Objetivos específicos.

1. Estudiar las principales características agroindustriales de un grupo de nuevas variedades, obtenidas por hibridación en los años 1993 a 1998.
2. Determinar la estabilidad fenotípica de las variables agro azucareras en años, de las nuevas variedades de caña al considerar las condiciones agroclimáticas de la Estación Experimental de la provincia de Sancti Spíritus.
3. Recomendar para estudios de extensión las variedades de mejores características, agrícolas e industriales, así como su resistencia a plagas y enfermedades.

Hipótesis.

El estudio y propuestas de nuevas variedades de caña para su introducción en áreas de producción, permitirá disponer de mayor variabilidad genética en la provincia de Sancti Spíritus para incrementar sus rendimientos.

Capítulo I. Fundamentación teórica

1.1. El cultivo de la caña de azúcar. La agroindustria azucarera cubana.

El inicio de la industria azucarera en Cuba se remonta a principios de 1523 cuando por una orden del Rey de España, se les facilitaron 4 mil pesos en oro, en calidad de préstamo, a todas aquellas personas residentes en el país, que estuvieran interesados en fabricar ingenios para producir azúcar (Jorge y col., 1997). No obstante, no es hasta los años 1844 y 1845 que cobró gran impulso debido al azote de dos intensos huracanes que arrasaron con prácticamente todas las plantaciones cafetaleras. Desde ese momento, Cuba se convirtió en el principal productor y exportador de azúcar (Castro, 2002).

Los bajos precios del azúcar en el mercado internacional y la subida del precio de algunas materias primas, como el petróleo, hacen cada vez más necesaria la búsqueda de la eficiencia y la calidad, del que ha sido nuestro principal renglón exportador por más de 100 años. En lo interno, el desaprovechamiento de la superficie agrícola y los bajos rendimientos agrícolas, unido a lo obsoleto de la mayor parte de la tecnología industrial indicaron la necesidad de reformular la agroindustria azucarera (Pérez y col., 2004a).

Esta situación condujo al ministerio del azúcar a realizar una evaluación de la aptitud física de las tierras que decidiera destinar la producción de caña en los mejores suelos (aptos y moderadamente aptos) (Villegas y Benítez, 2003). Sobre la base de esta evaluación, se procede al reordenamiento de la agroindustria azucarera en Cuba, lo que condujo a una reducción de ingenios para la producción de azúcar, en la actualidad quedan activas sólo 61 empresas azucareras, para de esta forma garantizar el aumento de los rendimientos agrícolas (Jorge y col., 2010). Así, los trabajos de fitomejoramiento deberán estar encaminados a enfrentar estos nuevos enfoques de la industria, de manera que las características de las variedades satisfagan los requerimientos actuales.

1.2. Mejoramiento genético de la caña de azúcar.

Las variedades comerciales de caña de azúcar son híbridos originados de progenies de cruces entre cañas “nobles” (*S. officinarum* L.) y silvestres (*S. spontaneum* L., *S. sinense* Roxb., o *S. barberi* Jesw.) que fueron retrocruzados con *S. officinarum* en un proceso llamado “nobilización” (Edmé y col., 2005). El objetivo central de cualquier programa de mejoramiento de un cultivo de importancia económica, es la liberación de variedades más productivas, resistentes a las principales plagas y enfermedades y adaptadas a las más disímiles condiciones de explotación (Bernal y col., 1997).

En los principales cultivos de los Estados Unidos se ha estimado la contribución del mejoramiento genético, en el incremento de los rendimientos, en alrededor de 50 por ciento (Duvick, 1992; Frisvold y col., 1999). Por su parte, Baver (1963) y Hogarth (1976) en Hawái y Australia, respectivamente, atribuyeron el 50 y 75 por ciento del incremento de los rendimientos de la caña de azúcar al mejoramiento genético. Similar estimación se ha hecho en otros cultivos (Laurer y col., 2001) con vista a trazar una estrategia necesaria para lograr mayores avances en este aspecto (Edme y col., 2005).

En Cuba, los primeros trabajos de hibridación se realizaron en 1904, en el Jardín Botánico conocido por "Harvard Garden", cerca de Cienfuegos (Díaz, 1974). Hasta 1953, no hubo un programa de mejora bien organizado para la caña de azúcar, realizándose cruzamientos en diferentes regiones del país.

En el contexto de la agricultura cañera cubana, con la creación del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), en 1964 por el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz, el resultado más relevante se ha obtenido en el mejoramiento del rendimiento en caña. Esto se ha visto reflejado en el incremento de las variedades nacionales en la composición varietal del país; si en 1943 sólo 2 por ciento del área cañera nacional era ocupada por variedades cubanas, en 1979 era 36 por ciento (Bernal y col., 1997), ya al cierre del 2009 es del 85%.

Otras líneas del mejoramiento genético de la caña de azúcar en el país, ha sido la obtención de variedades de alto contenido azucarero, la que es reportada como una tecnología de relevante incidencia en el incremento de la rentabilidad, productividad y sostenibilidad de la producción azucarera (González y col., 2001). También, se ha trabajado en la obtención de variedades para la producción de biomasa, ya sea para ser utilizadas como alimento animal (Milanes y col., 1997; Jorge y col., 2003) o para la producción de energía (Campo y col., 1998), y se dan los primeros pasos para dar respuestas a las áreas afectadas por sequía, salinidad y mal drenaje (Cruz, 2000).

1.3. La interacción genotipo-ambiente en el cultivo de la caña de azúcar.

El fenotipo de un individuo es determinado por el genotipo y por el ambiente, estos dos efectos no siempre son aditivos, lo cual indica que las interacciones genotipo-ambiente (I. GXA) están presentes. El resultado de esta interacción es la inconsistencia en el comportamiento de los genotipos a través de los ambientes (Magari y Kang, 1993; Martin, 2004).

Campbell y Jones (2005) definen la I. GXA como la respuesta diferencial de un genotipo o cultivar para un carácter dado a través de diferentes ambientes y es un fenómeno natural que forma parte de la evolución de las especies. Sus efectos permiten el cruzamiento de genotipos aptos a un ambiente específico, así como, de comportamiento general aptos a varios ambientes (Lavoranti, 2003).

Este fenómeno es una de las principales preocupaciones de los mejoradores por dos razones: primero, porque reduce el progreso de selección (Cooper y Delacy, 1994; Delacy y col., 1996; Kang y Magali, 1996) y segundo, porque hace imposible interpretar los efectos principales (debidos exclusivamente a los genotipos o al ambiente). Bajo estas condiciones, individuos o poblaciones que exhiben características promisorias en un ambiente determinado, pueden resultar inadecuados en otros, con un importante efecto de la I. GXA reducir las correlaciones entre el genotipo y el fenotipo (Gálvez, 1978).

La evaluación de genotipos a través de distintos ambientes, principalmente aquellos más contrastantes, es una de las prácticas más usuales para la recomendación de nuevos materiales a los productores de una región o zona específica. La ocurrencia a menudo de I. GXA en ensayos multiambientales exige la realización de estudios adicionales con el propósito de precisar la selección de individuos con adaptabilidad general y específica (Alejos y col., 2006).

Bidinger y col. (1996) y Kang (1998), al referirse a las causas que determinan la existencia de I. GXA, plantearon que la mayor interacción puede esperarse cuando por una parte existe una amplia variabilidad entre los genotipos, para caracteres morfofisiológicos que confieren la resistencia (o susceptibilidad) a uno o más tipos de estrés, y por otra, cuando es apreciable una amplia variación entre los ambientes, para la incidencia de los mismos estrés (determinado por el clima, el suelo, factores bióticos, y factores de manejo).

En Cuba, en las últimas tres décadas, se han realizado numerosos estudios relacionados con el tema de la I. GXA y sus implicaciones en el mejoramiento de los rendimientos cañeros y azucareros, los que han abarcado diferentes regiones y provincias, fundamentalmente en etapas finales del proceso de selección de variedades. En la región occidental, se destaca el trabajo de Gálvez (1978), en la zona central los de López (1986), Jorge (1996) y García (2004), y en la oriental los trabajos de Bernal (1986), Castro (1991) y González (1995), los cuáles revelan, comúnmente, una elevada proporción del componente ambiental, superior para el rendimiento agrícola que para el industrial y la importancia de la replicación de los estudios en tiempo y espacio para explotar de manera conveniente la I. GXA existente. No obstante, el estudio de este aspecto no ha sido abordado con amplitud en los últimos 15 años a pesar de los grandes cambios producidos en la industria azucarera Cubana.

García (2004), en la región central del país, en un estudio bajo condiciones de estrés hídrico, señaló la no existencia de solapamientos entre los diferentes ambientes estudiados, y una mayor magnitud de la contribución del ambiente respecto a otros reportes. Esto hace suponer que en estas condiciones de sequía

su efecto se acentúa, lo que sugiere que la selección para este tipo de estrés solo será efectiva bajo tales condiciones. Este mismo autor, al tener en cuenta las variables hidrofísicas del suelo y fisiológicas que se asociaron con el estrés por sequía, recomienda que los trabajos de mejora deberán encaminarse hacia la búsqueda de genotipos con sistemas radicales capaces de aprovechar el agua muy eficientemente, así como, de masa foliar provista de mecanismos que le permitan atenuar el desbalance entre la lluvia y la evapotranspiración.

Resulta común en todas estos estudios, salvo García (2004), que los mismos fueron desarrollados en condiciones normales, sin estrés, y si en algún caso estuvieron presentes no fueron consideradas como tales, por lo que reviste gran importancia la evaluación de este fenómeno bajo niveles contrastantes como los que están presentes actualmente en más de 30.3% de las áreas cultivadas del país. Por tanto, la revisión del significado del ambiente, el genotipo y la interacción genotipo-ambiente en materiales que se liberan a la áreas de producción, es importante no sólo para la verificación de los resultados del programa de mejora, sino para la elección de las variedades por parte de los productores (Gilbert y col., 2006).

La creación del Instituto de Investigaciones de la Caña (INICA) en 1964 integró el Mejoramiento Genético en el país. A partir de esta fecha se comenzó a desarrollar un trabajo más profundo en el establecimiento de programas, estrategias y normas metodológicas, se implementó un Esquema de Selección que responde a una Red Experimental y se ampliaron las investigaciones multidisciplinarias en función de la actividad de obtención de nuevas variedades.

1.4. Etapas del esquema de selección de nuevas variedades.

El esquema para obtener nuevas variedades aparece en la figura 1.

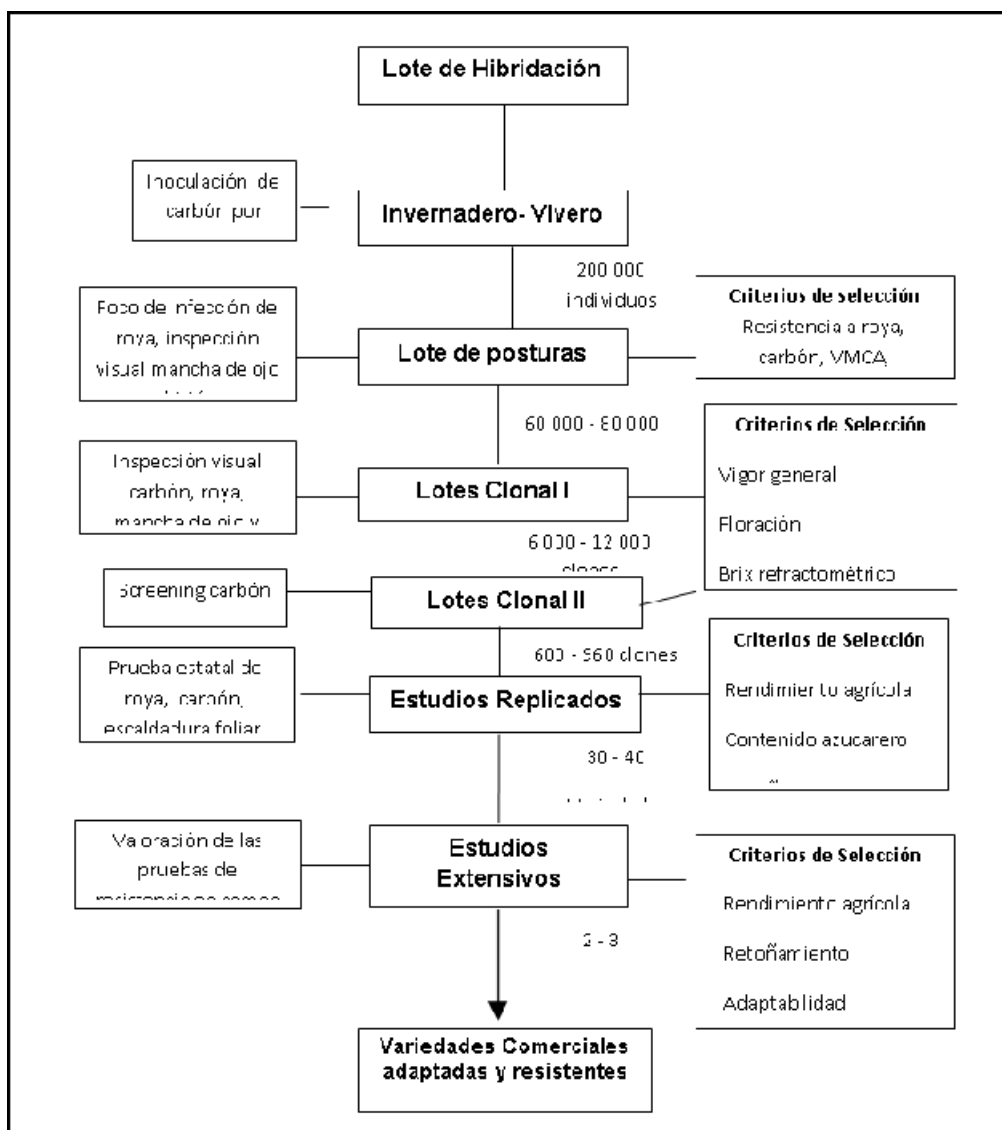


Figura 1. Esquema de selección de la caña de azúcar en Cuba

Criterios de selección para las diferentes etapas del esquema

- Posturas aviveradas (postuclón)

Se eliminarán los individuos con más del 25 % de floración y los que presenten síntomas de mosaico, carbón, roya (> de grado 3) y escaldadura foliar.

- Lote Clonal (I y II): Se tiene en cuenta los valores de:
 - Brix *refractométrico*
 - Longitud del tallo.

- Diámetro del tallo.
 - Número de tallos.
 - Calidad de la yema.
 - Floración.
 - Volumen.
 - Calidad interna del tallo.
 - Comportamiento fitosanitario.
 - Otros
- Estudios Ambientales o Estudios Replicados: Se tiene en cuenta.
 - Brotación.
 - Cierre de campo.
 - Longitud del tallo.
 - Diámetro del tallo.
 - Conteo final de población.
 - Floración.
 - Calidad interna del tallo.
 - Retoñamiento.
 - Durabilidad de la cepa.
 - Rajadura de crecimiento.
 - Muestreos para análisis azucareros.
 - Cosecha, siempre que sea posible debe registrarse el peso de los cuatro surcos de cada parcela para determinar las producciones de t caña/ha y t pol/ha, fibra, azúcares reductores y otros análisis especiales.
 - Evaluación fitosanitaria

Se eliminarán los individuos de acuerdo con los criterios de selección descritos para cada una de las principales enfermedades, en las pruebas de resistencia, dado que tales evaluaciones se realizan paralelas a esta etapa.

La selección en esta etapa se realizará sobre la base de la valoración en conjunto de todos los caracteres antes mencionados en comparación con él o los testigos empleados.

1.5. Estabilidad y adaptabilidad fenotípica.

Bilbro y Ray (1976), señalaron que para obtener éxito en un programa de mejoramiento genético este debe enfocar sus esfuerzos sobre el rendimiento del genotipo (la media de rendimiento comparado con el testigo), su adaptación (en qué ambiente el genotipo responde mejor), y su estabilidad (consistencia del rendimiento del genotipo comparado con otros). Annicchiarico (2002) considera que en el mejoramiento de plantas, orientado a una amplia adaptación (adaptabilidad), el objetivo es obtener una variedad con buena respuesta en casi todos los ambientes; sin embargo, en el mejoramiento dirigido a adaptación específica, el fin es obtener una variedad que se adapte bien en un subconjunto de ambientes para una región dada.

Finlay y Wilkinson (1963), definieron la estabilidad media de una forma dinámica, para caracterizar una variedad cuya producción varía de acuerdo con la capacidad de los ambientes. Para Eberhart y Russel (1966) y Mariotti y col., (1976), la adaptabilidad se refiere a la capacidad de los genotipos de aprovechar ventajosamente los estímulos del ambiente. Cruz y Regazzi (1994), conceptuaron adaptabilidad de la misma forma y acotaron que la estabilidad se refiere a la capacidad de los genotipos a mostrar un comportamiento altamente previsible en función del estímulo ambiental.

Por su parte, Vencovsky y Torres (1988) apuntaron dos tipos de estabilidad: una estabilidad espacial y una estabilidad temporal, quienes enfatizan que la primera es sinónimo de adaptabilidad. Fox y col., (1997), al seguir esa misma línea de conceptos usaron los términos de adaptabilidad y estabilidad para referirse a dimensiones, espacial y temporal, respectivamente.

En la literatura científica se manejan muchos conceptos de adaptabilidad y estabilidad, pero de manera general se emplean los términos de Finlay y

Wilkinson (1963) y Eberhart y Russel (1966), o modificaciones de los mismos. Algunas de ellas coinciden en plantear que un genotipo es estable cuando cultivado en diferentes ambientes presenta pocas variaciones para un carácter dado. No obstante, es importante resaltar que los parámetros que determinan la estabilidad son específicos a las variedades y ambientes analizados, siendo erróneo inferir esos resultados para otros genotipos y ambientes (Lavoranti, 2003). Dentro de los métodos propuesto para estudiar la estabilidad y adaptabilidad fenotípica, se encuentran los procedimientos basados en los estimados de la varianza de la I. GXA (Plaisted y Peterson, 1959; Wricke, 1962; Tai, 1971; Shukla, 1972; Wricke y Weber, 1986; Magari y Kang, 1997), la regresión lineal simple (Yates y Cochran, 1938; Finlay y Wilkinson, 1963; Eberhart y Russell, 1966; Bilbro y Ray, 1976), la regresión múltiple (Verma y col., 1978; Silva y Barreto, 1986; Cruz y col., 1989; Storck y Vencovsky, 1994) y la regresión cuadrática (Brasil y Chaves, 1994). Asimismo, se encuentran otros métodos multivariados como el análisis de componentes principales (Crossa, 1990), análisis de agrupamiento (Hanson, 1994), análisis factorial de correspondencia (Hill, 1974), análisis de coordenadas principales (Westcott, 1987); y métodos que integran el análisis común de varianza (método univariado) con el análisis de componentes principales (método multivariado) como es el caso del modelo AMMI sugerido por Gauch y Zobel (1988) y modelo GGE (Yan y col., 2000).

De estos métodos, el de la regresión lineal (Eberhart y Rusell, 1966) ha sido el más ampliamente usado en Cuba (Galvez 1978, López, 1986, Castro, 1991 y González, 1995), el que tiene como limitaciones fundamentales, que no en todos los casos la respuesta de las variedades se presenta de manera lineal, así como la dependencia al grupo de genotipos estudiados, pues el índice ambiental responde al promedio de todos en cada ambiente evaluado (Gálvez, 1978). También, se le señala que si los genotipos difieren en sus respuestas a factores físicos particulares del ambiente, el método puede simplificar demasiado la repuesta fisiológica de los mismos (Hill, 1975).

También, hay que destacar los métodos no paramétricos empleados en nuestro país en caña de azúcar por Vega (1993), entre los que se pueden citar los de Hühn (1979), basado en los rangos de los genotipos en cada ambiente, para los i genotipos y j ambientes. Asimismo, se han utilizado los análisis de reagrupamiento de ensayos cuando se tiene un conjunto de experimentos. Castro (1991) fue el primero en emplear este método en Cuba. Posteriormente, otros investigadores han incursionado en éste análisis (González 1995), lo que permitió darle utilidad a la cartografía de los residuos individuales, los que indican con exactitud, los ambientes donde los genotipos producen acorde con lo que de ellos puede esperarse y por ende donde sus resultados son estables y dónde hay desviaciones tanto por encima como por debajo de los rendimientos.

Otros análisis también empleados es el de serie de experimentos (Hogarth, 1984, Pollock y BIT, 1984, Mirzawan y col., 1994). En Cuba se destaca el trabajo de González (1995) en la provincia de Las Tunas. Este autor señala que estos análisis permiten, cuando se dispone de un conjunto uniforme de experimentos, eliminar en parte el efecto de cepas, años, ciclos de plantación y cosecha; reduciéndose el efecto ambiental solo al factor localidad (clima y suelo) y estimar con mayor precisión el aporte de las variedades y grupos de ellas a la varianza fenotípica total.

La aplicación de técnicas multivariadas al estudio de la I. GXA, ha mostrado ventajas como el enfoque global y la interpretación complementada con elementos gráficos. En este contexto y basado en el análisis de Coordenadas Principales, Westcott (1987) propuso un nuevo método de estabilidad. Este análisis es una generalización del análisis de componentes principales en el que puede usarse cualquier medida de similitud entre los individuos (Ibáñez y col., 2001 y Martín, 2004).

Los modelos de Efectos Principales Aditivos e Interacciones Multiplicativas (AMMI) combinan el Análisis de Varianza regular (ANOVA), para los efectos principales aditivos, con la descomposición en valores y vectores o Análisis de Componentes Principales (ACP) para la estructura multiplicativa de la interacción (Gauch, 2007).

Estos modelos tienen como objetivo explicar la interacción asociada a un ANOVA bifactorial, a partir de una representación **biplot** de filas (genotipos) y columnas (ambientes) y dan la posibilidad de estudiar el grado de estabilidad de los genotipos al ser probados en diferentes ambientes. (Varela y Castillo, 2005).

También, son efectivos para varios propósitos: (1) comprensión de la I. GXA, en los que se incluyen la clasificación de los ambientes, (2) mejoramiento de la precisión en el rendimiento estimado, lo cual incrementa la probabilidad de éxito de selección de genotipos con altos rendimientos, (3) estimar datos faltantes, (4) incremento de la flexibilidad y eficiencia de los diseños experimentales (Gauch 1992, Gauch y Zobel 1996).

En este contexto se considera la I. GXA un diseño bifactorial con Y_{ij} el rendimiento del genotipo i en el ambiente j .

La descomposición en valores y vectores de la interacción permite obtener una representación **biplot** (Gabriel 1971), en la que van a ser ploteados simultáneamente los marcadores de genotipos y ambientes. Para obtener los llamados “marcadores” es necesario multiplicar el valor singular λ a los resultados de los vectores de genotipo (\mathbf{u}_g) y/o el ambiente (\mathbf{v}_e) (Gauch, 2008). En la literatura prevalecen tres métodos: $\lambda^{0.5}\mathbf{u}_g$ y $\lambda^{0.5}\mathbf{v}_e$ (escala simétrica), $\lambda\mathbf{u}_g$ y \mathbf{v}_e (conserva la medida de los genotipos), y \mathbf{u}_g y $\lambda\mathbf{v}_e$ (conserva la medida de los ambientes).

Una propiedad interesante y la más importante del **biplot**, es que cada valor de la interacción genotipo-ambiente, puede ser estimado y visualizado por los marcadores de genotipos y ambientes que presenta el **biplot** (Yan, 2001). En dicha representación, proximidades entre genotipos y ambientes indica una interacción positiva, en caso contrario, es decir, genotipos y ambientes distantes es sinónimo de interacción negativa, y genotipos próximos al origen de coordenadas indica estabilidad (Varela y Castillo, 2005).

Este modelo ha demostrado ser más eficiente que otras técnicas tradicionales de análisis donde es imprescindible discernir en detalle sobre las características de la I. GXA (Zobel y col., 1988; Nachit y col., 1992; Yan, 1995).

1.6. Enfermedades de la caña de azúcar.

Las enfermedades de la caña de azúcar constituyen uno de los principales factores negativo para la producción azucarera mundial. En las últimas décadas ha crecido considerablemente, el numero de organismo patógenos y agentes etiológicos detectados sobre este cultivo y se a obtenido de forma notable, lo que existían con anterioridad. Hoy se conoce un inventario de unas 125 enfermedades en los 109 países y regiones cañera donde se produce, aproximadamente, 60% de la azúcar que se consume en todo el mundo. Por tal motivo, el conocimiento de la situación fitopatológica de la caña a nivel nacional e internacional, es de vital importancia para prevenir o reducir las pérdidas de la cosecha que produce las enfermedades (Chinea y Rodríguez, 1994).

A pesar de la existencia de suficiente variabilidad en el cultivo, los productores históricamente en el mundo se han aferrado a la explotación de poco número de estas, así se reportan por Tew (2003) valores altos de una variedad en algunos países como Australia (47 % de la Q124); Bolivia (72 % de la Na56-26); Ecuador (86 % de la Ragnar); Egipto (90 % de la GT54-9); El Salvador (50 % de la CP72-2086); Fiji (65 % de la Mana); Guatemala (65 % de la CP72-2086); Mauricio (39 % de la R570); Pakistán (43 % de la Co1148); Sudán (60 % de la Co6806).

Rossi (2001) analiza los problemas que ha traído en el mundo el empleo de pocas variedades y pone como ejemplo los casos de Brasil con el Mosaico la década de 1920; del Caribe con la Roya en la B4362 de Australia con la Roya Naranja en la Q124 y de Brasil con el síndrome de la hoja amarilla en la SP71-6163.

En Cuba se presentaron problemas con la entrada de nuevas enfermedades, Roya (1979), Carbón (1980) y con la experiencia anterior para el Mosaico, se decide comenzar una política de que no sobrepase ninguna variedad el 20 % del área a ninguno de los niveles (Jorge y Jorge, 2003).

En la década del 20 se puso en peligro la producción azucarera cubana por la propagación de mosaico sobre las variedades notables que se cultivaba en aquella época. Fue necesario introducir variedades resistentes a dicha enfermedad y se destacó entre ella la POJ2878, por su adaptación a nuestras

condiciones suelo - climática, lo cual permitió estabilizar los niveles de producción. Paralelamente se comenzó la obtención de variedades cubanas resistente al mosaico y, por esa vía, se logró erradicar esta enfermedad de las plantaciones cañera (Chinea y Rodríguez, 1994).

Recientemente han sido destacadas en Cuba las enfermedades roya, carbón, escaldadura foliar y gomosis y se han manifestado niveles críticos de propagación e intensidad del raquitismo de los retoños. Ha sido necesario realizar cambios sustanciales en la composición varietal de las áreas de producción y establecer líneas de mejoras genéticas para obtener nuevas variedades con los niveles de resistencia requeridos y altos potenciales de rendimiento. También es importante establecer el control de la pudrición roja, mancha de ojo, pokkah boeng, raya roja y otras enfermedades menores, que de forma aditiva, producen pérdidas considerables (Chinea y Rodríguez, 1994).

Esta situación se ha mantenido latente en Cuba, principalmente a partir del problema que se presentó con la variedad B4362, lo que obligó a una sustitución rápida de esta variedad altamente susceptible a la Roya común, a partir de aquí se iniciaron los problemas con la Ja60-5, el cual se mantuvo en la Empresa Melanio Hernández hasta inicios del presente siglo, pues aún se reportaban porcentajes entre 39.4 (2002) y 22.1 (2004) (MINAZ-INICA, 2009).

Es preciso tener en cuenta que en el mundo cañero existen otras enfermedades que debemos conocer por su importancia económica actual o potencial, con vista a evitar su posible introducción en Cuba, entre las que se destacan el añublo lanoso, enfermedad del Fiji, mata sacatosa, enanismo rayado, mosaico estriado y otras (Chinea y Rodríguez, 1994).

Capítulo II. Materiales y métodos

El estudio fue realizado en las áreas cañeras de la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA) que se encuentra ubicada en la localidad de Guayos, municipio Cabaiguán, provincia Sancti Spíritus a los 22° 3' de latitud norte y los 79° 22' de longitud oeste a 120 m sobre el nivel del mar, sobre un suelo Fersialitizado pardo rojizo, con topografía ondulada de profundidad moderada y buen drenaje (Hernández y col., 1999).

Sus áreas se encuentran dentro de la empresa azucarera Melanio Hernández, limitada al este y sur con áreas cañeras de la UBPC Guayos, al oeste con el poblado de Guayos y al norte con áreas cañeras de la CPA Elcire Pérez.

2.1. Características agroindustriales de nuevas variedades.

El estudio se desarrolló entre el 12 de julio de 2007 (plantación de frío) y el 8 de marzo de 2012 (última cosecha), por lo que se le realizaron cuatro cosechas, una caña planta, cosechada con 19 meses, primer retoño con 12, el segundo y tercer retoño a los 13 meses (Tabla 1).

Tabla 1. Fechas de plantación y cosechas de cada cepa.

Cepa	Plantación o corte	Cosecha
Planta	12/7/2007	28/2/2009
Primer retoño	28/2/2009	12/2/2010
Segundo retoño	12/2/2010	13/2/2011
Tercer retoño	13/2/2011	8/3/2012

Se emplearon 12 variedades que se ubicaron en un diseño de bloque al azar con tres repeticiones (Figura 2), los que totalizan 36 parcelas, cada una con cuatro surcos de 7,5 m de largo y 1,6 m de ancho, para un área total de 48 m² por parcela, con dos metros de borde a cada extremo del experimento, la distancia entre parcelas era de 3.5m y dos surcos de borde, plantados con la variedad C132-81.

Diseño												
VI	V	IV	III	II	I	XII	XI	X	IX	VIII	VII	R-I
XII	XI	X	IX	VIII	VII	VI	V	IV	III	II	I	R-II
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R-III
Variedades												
I. C120-78 (T)	II. C93-259	III. C94-286	IV. C93-260	V. C93-252	VI. C93-289							
VII. C93-251	VIII. C97-285	IX. C98-258	X. C97-283	XI. C98-259	XII. C97-270							

Figura 2. Diseño del experimento.

La conducción del experimento se realizó según metodología del INICA, a los 45 días de plantado el experimento se realizó un chequeo de brotación de yemas y conteo de espacios vacíos para realizar la resiembra, a partir de los tres meses se le comenzó a realizar los chequeos de sanidad vegetal, donde se observaron la infestación de roya, carbón, pudrición del tallo, mancha anular y pudrición roja, en este mismo tiempo se le realizan chequeos de cierre de campo para determinar el tiempo que demora en cerrar cada variedad, lo que favorece el control de arvenses.

A los 8 meses se realizó un chequeo fenológico donde se observaron las características botánicas de las variedades, que incluyó: formas del tallo, color, presencia de rajaduras y raíces aéreas, presencia de corcho, meollo y de cera, número de entrenudos, hábito de crecimiento, forma de la yema y si ésta toca el anillo de crecimiento. A las hojas se le observó el color, la cantidad de ellas que están activas y si tenían espinas.

A los 10 meses se le realizó un conteo de tallos, medición de altura y del diámetro, al tiempo que se hizo un chequeo de floración y se determinó el porcentaje de tallos florecidos.

Todas estas evaluaciones se emplearon en la selección definitiva de las mejores variedades y se tuvo en cuenta para recomendar su manejo bajo las condiciones del cultivo.

Se parte del análisis de las principales variables que inciden en los rendimientos agrícolas y azucareros, para ello se emplearon las variables:

- Rendimiento agrícola cañero (t. de caña.ha⁻¹)
- Contenido azucarero (% de Pol en caña)
- Rendimiento azucarero (t de pol.ha⁻¹.)

Para el rendimiento agrícola se tomo una muestra de diez tallos en los surcos centrales, se pesaron y se calcularon el promedio del peso de un tallo, el que se multiplica por el número de tallos de la parcela y obtiene el peso total de la parcela (en Kg.), para ello se multiplica por la constante 0.2083 (constante para convertir de Kg. a t.ha⁻¹).

Para definir el contenido azucarero, a cada variedad, en el mes de la cosecha se le realizaron un análisis de sus jugos, el cual consistió en tomar una muestra de 10 tallos por parcelas, a la que se le extrae el jugo en un molino. Al jugo extraído se le determina el brix con un refractómetro y se le mide la temperatura en el momento del análisis para corregir el valor obtenido.

A la muestra anterior se le añadió acetato de plomo para que clarifique, se filtraron con papel de filtro y se le añadió tierra infusorio para que de una precipitación clara, la cual es leída en un polarímetro, a esta lectura se le nombra polarimétrica. Con los resultados del brix corregido y el pol se obtiene el pol (% en jugo).

Para obtener las t. pol ha⁻¹ se multiplicaron el rendimiento agrícola cañero por el pol (% en jugo) y se divide entre 100.

Los datos originales de las variables analizadas, estadísticamente fueron comprobados respecto a su normalidad y homogeneidad de varianza mediante pruebas de Chi cuadrado y Bartlett-Box.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza factorial que consideraron como fuentes de variación las variedades, las cepas y su interacción y la comparación de medias utilizó la prueba de Tukey, para ambos casos se trabajó con una precisión que consideraba diferencias estadísticas cuando $p = 0.05$ y con el uso del programa Statistica v 6.0 (Stat Soft, 2003).

2.2. Estabilidad fenotípica de las nuevas variedades.

Con la base de datos anterior, que incluía:

- Rendimiento agrícola cañero (t. de caña.ha⁻¹)
- Rendimiento azucarero (% de Pol en caña)
- Rendimiento azucarero (t de pol.ha⁻¹.)

Para lograr mayor precisión en la caracterización de las variedades se determinó su estabilidad mediante los Modelos AMMI. Este modelo está constituido por parámetros aditivos y multiplicativos, y realiza un análisis combinado de la varianza (ANOVA) para los efectos principales de genotipo (G) y ambiente (A), y de componentes principales (ACPI) para los efectos no aditivos de la interacción GxA (Mandel, 1969 y 1971, Aucilino y col., 2000, Varela y Castillo, 2002).

El modelo es: $Y_{ijk} = \mu + a_i + \beta_j + \sum_{n=1}^N \lambda_n \gamma_{in} \delta_{jn} + \gamma_{ij} + e_{ijk}$

Y_{ijk} : Rendimiento observado del genotipo i en el ambiente j para la repetición k.

Los parámetros aditivos son:

μ : Media general.

a_i : Desviación con respecto a la media general del genotipo i.

β_j : Desviación con respecto a la media general del ambiente j.

Los parámetros multiplicativos son:

λ_n : El valor singular para el eje n del ACPI.

γ_{in} : El vector propio unitario del genotipo para el eje n.

δ_{jn} : El vector propio unitario del ambiente para el eje n.

El número máximo de ejes posibles ACPI que el modelo puede retener es el mínimo (I-1; J-1) (Mandel, 1971. Se estimaron las coordenadas genotípicas ($\gamma_{in}^{0.5}$ y $\delta_{jn}^{0.5}$)) y

ambientales ($\sigma_n^{0.5} \delta_{jn}$) sobre los ACPI, y se construyó un gráfico bidimensional (Biplot) con el primer eje del ACPI contra el segundo eje (ACPI1 vs. ACPI2).

2.3. Recomendación a estudios de extensión de las mejores variedades.

En este acápite se utilizó una combinación de la estabilidad (Eje 1) con el empleo de los Modelos AMMI, descritos anteriormente y los caracteres agroindustriales (Eje 2), lo que unido a toda la información acumulada en los acápites anteriores se procedió a recomendar las mejores variedades.

2.3.1. Enfermedades.

1. Roya (*Puccinea melanocephala* H y *P. Sydow*): Se emplea la escala combinada, tipos de reacción y severidad de ataque (Tabla 2).

Tabla 2. Escala de medición de la Roya.

Grado	Categoría	Síntomas.
1	AR	No hay síntomas visibles o se presentan pequeñas manchas de tejido muerto en el hospedante (prácticamente inmune)
2	R	Presencia de puntos cloróticos que pueden tener puntos rojos o carmelitas, los que en ocasiones son necrosados. Pueden aparecer puntos rojizos pequeños. Pústulas extremadamente pequeñas (1 a 2 mm de largo), rodeadas de área de necrosis en forma de parches.
3	INT	Presencia de pústulas pequeñas o medianas (2,1 a 5 mm de largo), que generalmente se encuentran en islas verdes rodeadas de una banda clorótica. También pueden presentarse en áreas necróticas.
4	S	Pústulas mayores (5,1 a 8 mm de largo) rodeadas de área clorótica. Puede aparecer necrosis alrededor de las pústulas.
5	AS	Pústulas grandes (> 8 mm de largo) que se unen formando parches. Puede producirse amarillamiento de las hojas, así como necrosis de tejido.

AR= Altamente Resistente

R= Resistente

INT=Intermedio

S= Susceptible

AS= Altamente Susceptible

Se eliminan las variedades con grado 4 ó 5.

2. Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow): En los cinco puntos de muestreo de las parcelas estacionarias se determinaron los tallos afectados (%) y plantones herbáceos (%), para lo que se emplea la escala de Hutchinson (sin ajustar) que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Escala de Hutchinson (sin ajustar) para el carbón.

Grado	Infección %	Grado	Reacción
0	0.0 - 1.0	I	Inmune
1	1.1 - 2.0	MAR	Muy altamente resistente
2	2.1 - 3.0	AR	Altamente resistente
3	3.1 - 5.0	R	Resistente
4	5.1 - 8.0	MR	Moderadamente resistente
5	8.1 - 11.0	INT	Intermedia
6	11.1 - 15.0	MS	Moderadamente susceptible
7	15.1 - 22.0	S	Susceptible
8	22.1 - 30.0	AS	Altamente susceptible
9	> 30.0	MAS	Muy altamente susceptible

Se discriminaron las variedades que ofrezcan plantones herbáceos y/o más de 5 % de tallos enfermos (sin considerar los que provienen de plantones herbáceos).

Capítulo III. Resultados y discusión

3.1. Características agroindustriales de las nuevas variedades.

3.1.1. Rendimiento agrícola.

El análisis de varianza (Tabla 4) mostró diferencias altamente significativas entre las cepas estudiadas y las variedades, no encontrándose interacción entre ellas.

Tabla 4. Análisis de varianza para el rendimiento agrícola en caña (T.ha⁻¹.)

Fuentes de Variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	p
Cepa (C)	24952	3	8317	17.063	0.001
Variedad (V)	13280	11	1207	2.477	0.009
C x V	14382	33	436	0.894	0.633
Error	46794	96	487		

En negritas diferencias significativas para p=0.05

La cepa que alcanzó los mayores rendimientos fue la caña planta (Figura 3), cortada a los 19 meses de edad, lo que se corresponde con el ciclo más largo de crecimiento, por tanto hay mayor producción de biomasa, que para los retoños cosechados entre los 12 y 13 meses de edad, resultados similares lograron López (1986) y Castro (1991).

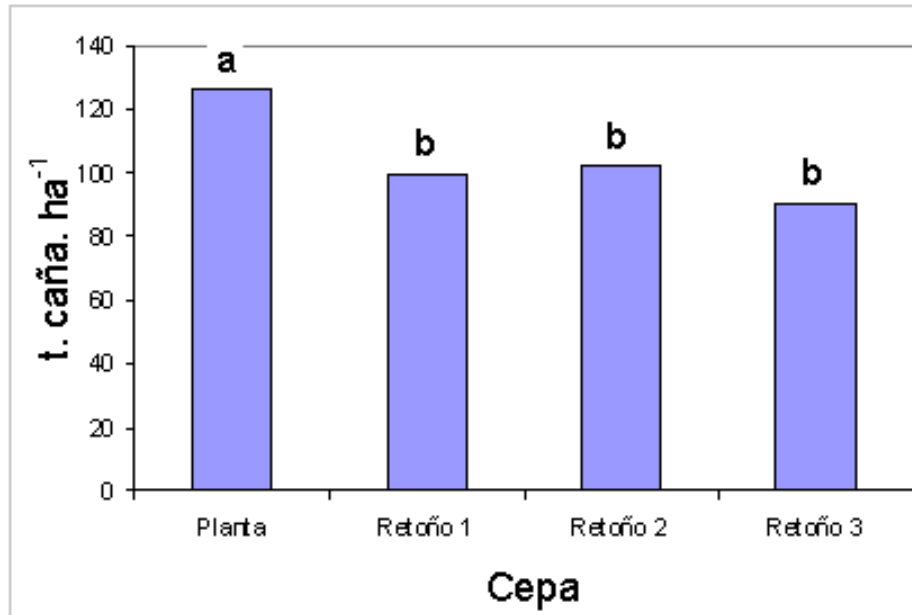


Figura 3. Comportamiento de las cepas para el rendimiento agrícola en caña (t.ha⁻¹.)

La tendencia de los rendimientos normalmente es a que decrezcan con la edad, pero en este caso la no existencia de diferencias pudo estar asociado a las manifestaciones del clima o las labores fitotécnicas realizadas que incluye cultivo de descompactación, fertilización, deshierbe, etc. Al respecto García (2004) indica la influencia de la lluvia en los rendimientos cañeros.

Al analizar el comportamiento del rendimiento agrícola para las variedades (Figura 4) se pueden ver dos grupos, el primero integrado por las tres variedades que alcanzaron los mayores rendimientos (C93-259, C93-289 y C97-283) sin diferencias entre ellas y con resultados superiores al testigo (C120-78) en más de 20 toneladas, que unido al resto de las variedades formó el segundo grupo con valores entre 17 y 18 toneladas. Bernal (1986) señaló el efecto del genotipo en las diferencias del rendimiento agrícola.

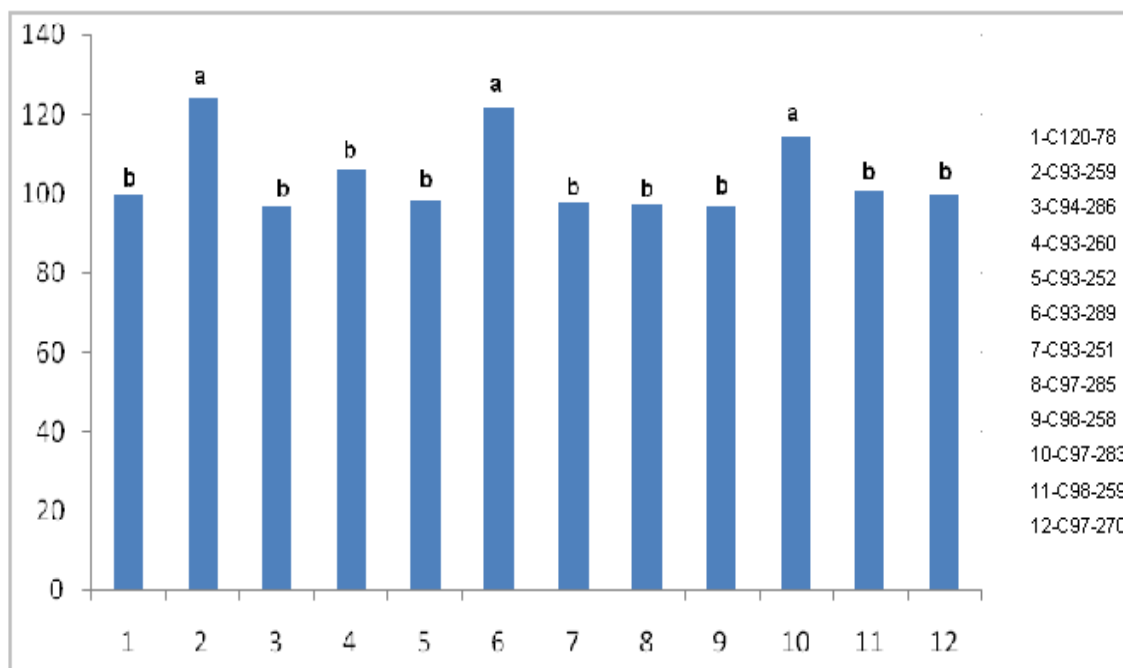


Figura 4. Comportamiento del rendimiento Agrícola de las variedades (t.ha⁻¹.)

3.1.2. Rendimiento azucarero (% pol en caña).

Se encontraron diferencias significativas para todas las fuentes de variación (Tabla 5), lo que indica un comportamiento diferencial de las variedades en las cepas estudiadas. En trabajos realizados por Jorge (1986) encontró un alto efecto de la interacción variedad x cepa en estudios de lotes clonales.

Tabla 5. Análisis de varianza para el Pol en caña (%).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	p
Cepa (C)	122.01	3	40.67	48.69	0.0001
Variedad (V)	224.12	11	20.37	24.39	0.0001
C x V	56.94	33	1.73	2.07	0.003
Error	80.19	96	0.84		

En negritas diferencias significativas para p=0.05

Para un mejor análisis los valores de las interacciones se dividieron en dos partes, en dependencia de la media, en la primera (Tabla 6) aparecen las de medias superiores, donde las variedades C94-286, C93-252 y la C120-78 se mantuvieron en este grupo en las cuatro cepas, mientras que la C93-251 se mantuvo en caña planta y los retoños II y III, el resto de las variedades solo estuvo incluida en una o dos de sus cepas, aquí dominó el retoño III que incluyó todas sus variedades excepto la C93-289, la que no se incluyó en ninguna de las otras cepas.

Tabla 6. Promedio de pol en la interacción cepa x variedad. Valores por encima de la media (> 16.18% de pol).

Cepa	Variedad	Promedio	
Retoño 2	C94-286	19.44	a
Retoño 3	C94-286	19.06	ab
Retoño 3	C98-259	19.04	abc
Retoño 3	C93-259	18.40	abc
Retoño 2	C93-252	18.22	abcd
Retoño 1	C94-286	18.18	abcd
Retoño 2	C120-78	18.17	abcd
Planta	C94-286	18.09	abcd
Retoño 2	C93-250	18.04	abcde
Retoño 3	C93-252	17.92	abcde
Retoño 3	C120-78	17.91	abcde
Retoño 3	C97-270	17.68	abcdef
Retoño 1	C120-78	17.57	abcdefg
Retoño 3	C98-258	17.54	abcdefg
Planta	C120-78	17.30	abcdefg
Retoño 2	C98-259	17.17	abcdefgh
Retoño 1	C93-252	16.72	abcdefgh
Retoño 2	C93-251	16.52	abcdefghi
Planta	C93-252	16.51	abcdefghi
Retoño 2	C97-270	16.51	abcdefghi
Retoño 3	C97-283	16.40	bcdefghij
Retoño 3	C93-260	16.37	bcdefghij
Retoño 3	C97-285	16.37	bcdefghij
Planta	C93-251	16.32	bcdefghij
Retoño 3	C93-251	16.31	bcdefghij
Retoño 2	C98-258	16.30	bcdefghij

Como se indicó anteriormente la C93-289, incluyó todas sus cepas en el grupo de bajo pol (Tabla 7), le continúan las variedades C93-260, C97-285 y la C97-283 que aparecen con valores por debajo de la media en tres de las cosechas, las restantes se mantuvieron solamente en una o dos cosechas por debajo de la media, en este grupo predominó la cepa de retoño I.

Tabla 7. Promedio de pol en la interacción cepa x variedad. Valores por debajo de la media (< 16.18%).

Cepa	Variedad	Promedio	
Planta	C98-259	16.05	cdefghijk
Retoño 3	C93-289	15.81	cdefghijk
Retoño 2	C93-260	15.74	cdefghijkl
Retoño 1	C97-270	15.59	cdefghijkl
Planta	C97-285	15.42	cdefghijkl
Retoño 1	C93-251	15.42	cdefghijkl
Retoño 1	C93-259	15.41	cdefghijkl
Retoño 2	C97-283	15.25	defghijkl
Planta	C98-258	15.03	efghijkl
Planta	C93-289	14.93	efghijkl
Retoño 2	C97-285	14.84	fghijkl
Retoño 1	C98-258	14.65	ghijkl
Retoño 1	C98-259	14.58	ghijkl
Retoño 2	C93-289	14.28	hijkl
Planta	C93-259	14.12	hijkl
Planta	C97-270	14.05	hijkl
Retoño 1	C97-283	13.86	hijkl
Planta	C93-252	13.72	hijkl
Planta	C97-283	13.69	ijkl
Retoño 1	C93-260	13.45	jkl
Retoño 1	C93-289	13.28	kl
Retoño 1	C97-285	12.77	l

3.1.3. Rendimiento azucarero (t pol.ha⁻¹).

Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas entre las cepas y variedades, para el rendimiento azucarero, no encontrándose interacciones entre ambos factores (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de varianza para el rendimiento azucarero por área pol. (t.ha⁻¹).

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	F	p
Cepa	551.54	3	183.85	20.650	0.0001
Variedad	373.31	11	33.94	3.812	0.0001
Cepa*Variedad	348.08	33	10.55	1.185	0.259
Error	854.67	96	8.90		

En negritas diferencias significativas para p=0.05

La cepa de caña planta alcanzó los mayores valores (Figura 5), que estuvieron por encima de 19 t de pol.ha⁻¹ y forman el primer grupo por sí sola y el retoño 1, unido en ocasiones al retoño 3 incluyen los valores más bajos, que estuvieron alrededor de 15 t pol.ha⁻¹, mientras que el retoño 2 formó un grupo intermedio, que también se comporta como la cepa de retoño 3 formaron un grupo intermedio.

González (1995) indicó la importancia de esta variable para la selección de nuevas variedades, pues integra tanto el rendimiento agrícola como el azucarero.

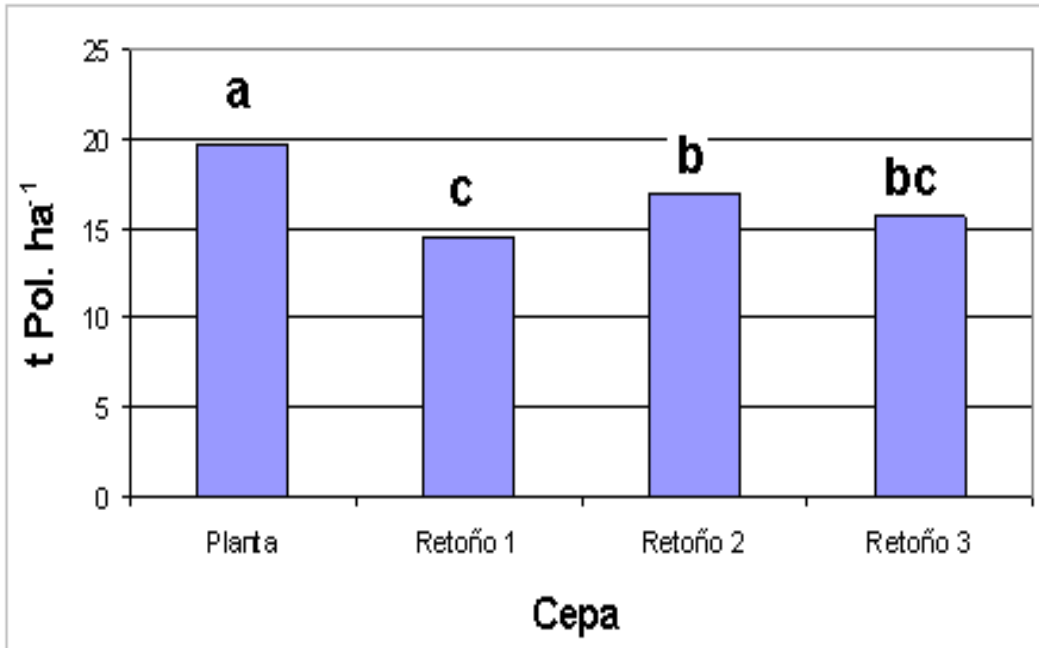


Figura 5. Diferencia entre cepas para el rendimiento azucarero por área pol (t ha⁻¹.)

Las variedades formaron dos grupos (Figura 6), las de mayores rendimientos azucareros, entre las cuales tenemos la C93-259 con comportamientos similares en algunas ocasiones a la C94-286, C93-252 y C94-289 que también se asemejan a las variedades que formaron el grupo 2 con los contenidos más bajos.

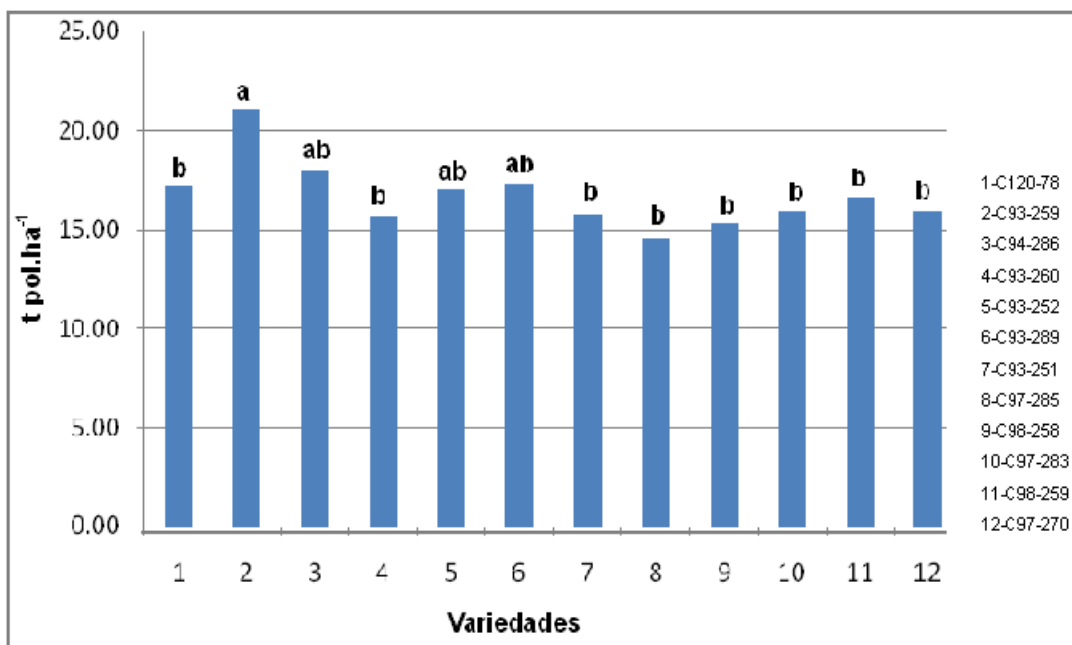


Figura 6. Diferencias entre variedades para el rendimiento azucarero por área (t pol.ha⁻¹).

La variedad C93-259 fue la de mayor rendimiento en toneladas de pol seguidas por la C94-286, C93-252 y C93-289, que formaron un grupo intermedio, mientras que el resto de las variedades forman un tercer grupo que no tiene diferencias entre ellas.

3.2. Estabilidad fenotípica de las nuevas variedades.

3.2.1 Rendimiento agrícola (t caña.ha⁻¹).

En la figura 7 se puede observar que las cepas caña planta y retoño I tienen manifestación semejantes, pero con mayor estabilidad en la segunda a las que se asocia la variedad C93-259, la que resultó ser la de más baja estabilidad, al igual que los retoños II y III.

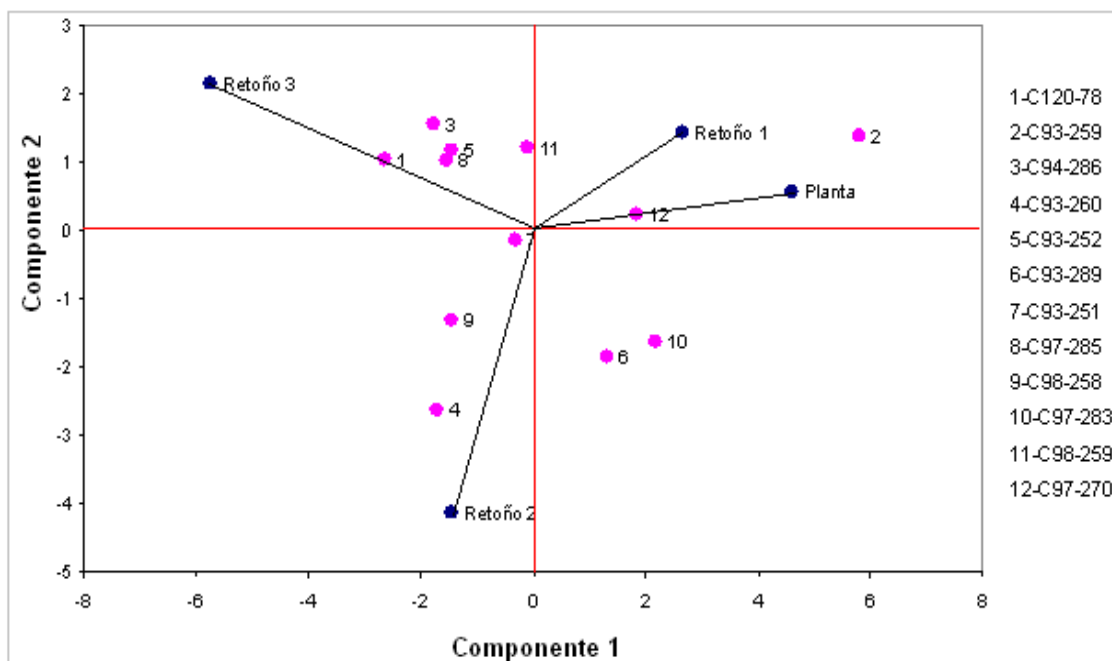


Figura 7. Estabilidad del rendimiento en t caña.ha⁻¹ en variedades y cepas.

La C93-251 fue la de mayor estabilidad dentro de todas las variedades, para el carácter estudiado, mientras la C93-260, C97-283 y C120-78 (testigo), resultaron ser de estabilidad baja y las variedades C94-286, C98-252, C97-285, C97-270, C98-259, C93-289 y la C97-283 con una estabilidad media.

Crossa y col. (1990) indicaron la importancia de los modelos AMMI para la representación de la interacción genotipo x ambiente, destacando la importancia de la primera componente, pues representa la mayor variabilidad de los datos.

3.2.2 Rendimiento industrial (% Pol).

La cepa caña planta resultó la de más baja estabilidad y se manifiesta opuesta a los retoños donde el retoño 2 (Figura 8) fue el más estable. Las variedades C93-289 y C97-285 fueron las más inestables mientras que la C98-258 y C97-283 las más estables.

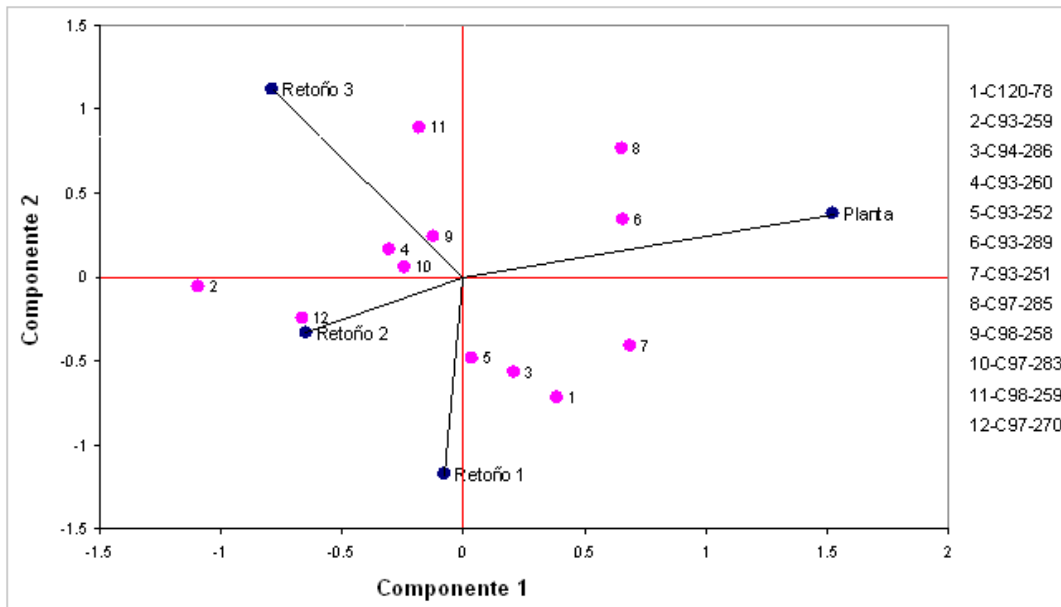


Figura 8. Estabilidad del Pol (% en caña) en variedades y cepas.

De manifestación intermedia resultaron la C93-252 y C94-286, mientras que la C97-270 se asocia al retoño 2.

Se plantea la efectividad de los modelos AMMI para la comprensión de la interacción genotipo x ambiente y el incremento de la probabilidad de éxito de selección de genotipos con altos rendimientos industrial (Gauch 1992, Gauch y Zobel 1996).

3.2.3 Rendimiento en azúcar (t caña.ha⁻¹).

En la figura 9 se muestra que todas las cepas están dispersas y con baja estabilidad, la variedad C93-259 continuó su tendencia a la baja estabilidad y a ella se unen la C97-283 y C93-260 mientras que la C93-251 mantuvo su alta estabilidad unida a la C120-78 (testigo) y C97-270.

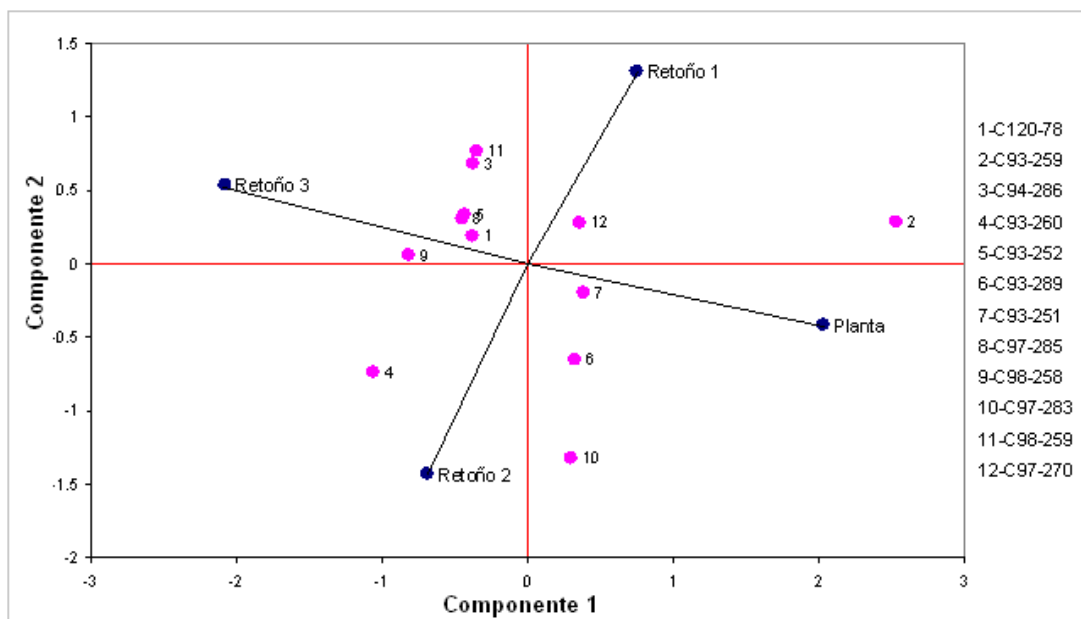


Figura 9. Estabilidad de las t de pol.ha⁻¹ en variedades y cepas.

Este modelo ha demostrado ser más eficiente que otras técnicas tradicionales de análisis donde es imprescindible discernir en detalle sobre las características de la interacción genotipo x ambiente (Zobel y col., 1988; Nachit y col., 1992; Yan, 1995).

3.3. Recomendación a estudios de extensión de las mejores variedades.

Se partió del análisis conjunto de la estabilidad, a través del componente 1 (eje de las y) y el valor promedio de la variable (eje de las x).

3.3.1 Rendimiento agrícola (t caña.ha⁻¹).

La cepa de caña planta fue la de mayor rendimiento agrícola, pero tuvo baja estabilidad (Figura 10), a ella se asoció la variedad C93-259. Los retoños I y II, dentro de las cepas analizadas fueron de rendimientos intermedios y los más estables, a los que se asocian las variedades C93-260, C97-270, C93-251 y C98-259. El retoño III fue el de menor rendimiento agrícola y más baja estabilidad.

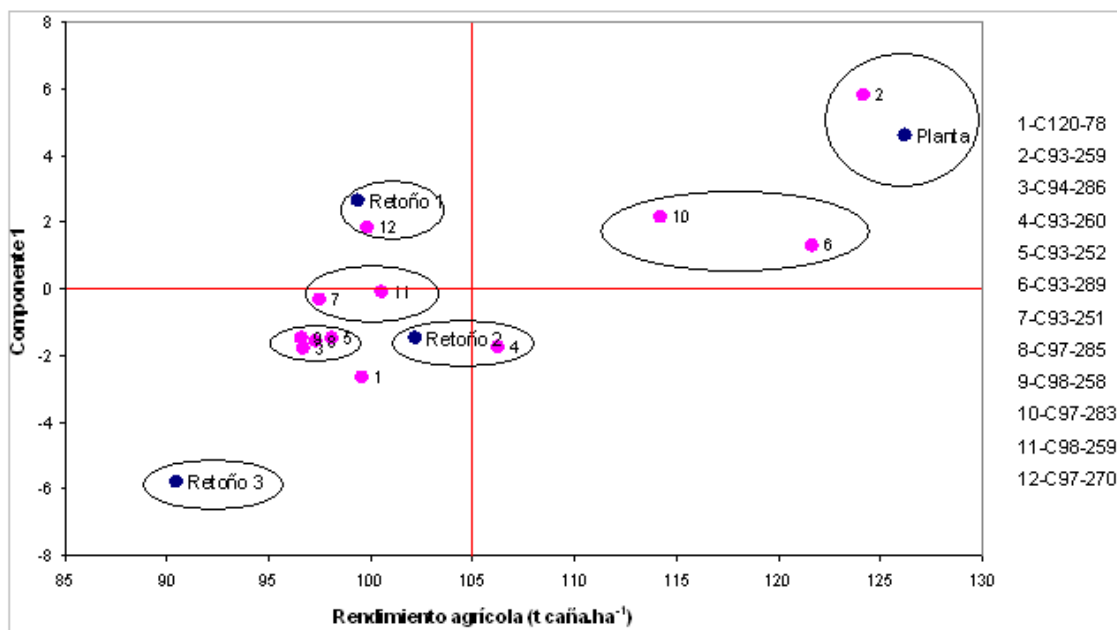


Figura 10. Manifestación de las t caña.ha⁻¹ y la estabilidad en variedades y cepas.

Las variedades C97-283 y C93-289 tuvieron buen rendimiento y buena estabilidad, contrario a las variedades C93-252, C94-286, C97-285, C98-258 que fueron estables pero de bajo rendimiento agrícola, en este estudio la variedad testigo (C120-78) fue de bajo rendimiento y estabilidad de media a baja.

Sobre la base de que los modelos AMMI combinan el ANOVA con los Análisis de Componentes Principales (ACP) para la interacción (Gauch, 2007), facilitan una representación en dos ejes de filas (genotipos) y columnas (ambientes) y dan la posibilidad de estudiar el grado de estabilidad de los genotipos al ser probados en diferentes ambientes. (Varela y Castillo, 2005).

3.3.2 Rendimiento industrial (pol % en caña).

La cepa más estables para el pol fue el retoño I, pero a su vez resultó la valores más bajos de la variable, al que se asociaron las variedades C97-283 y C93-260 (Figura 11). El retoño II y III fueron los de más alto contenido de pol pero de poca estabilidad a las que se asocian las variedades C93-259, C98-259 y C97-270.

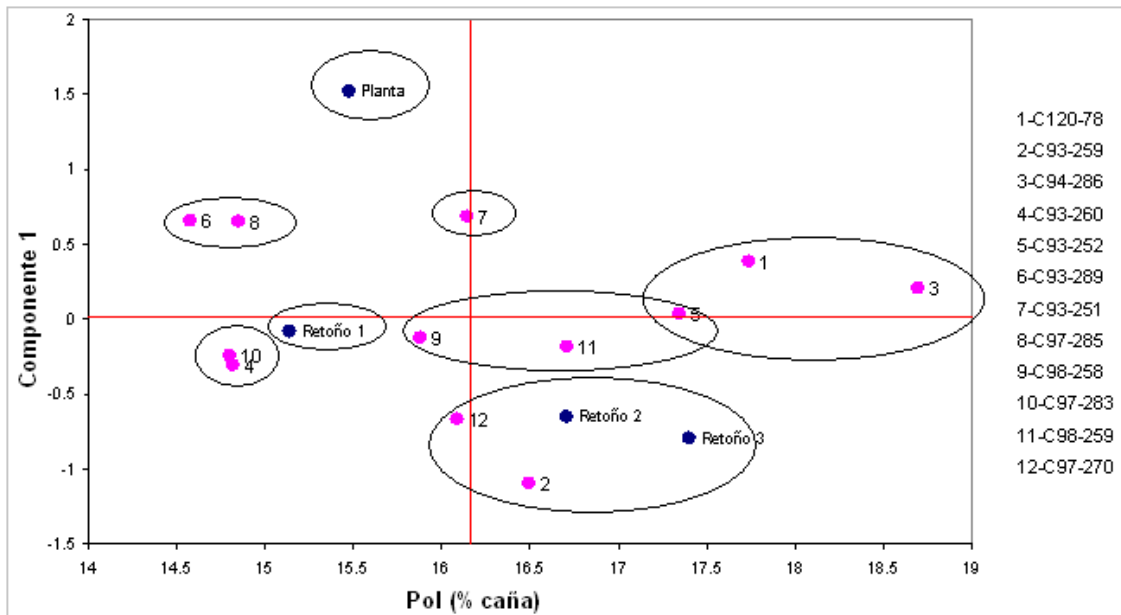


Figura 11. Manifestación del pol (% en caña) y su estabilidad en variedades y cepas.

Las variedades de mayor rendimiento en pol y estabilidad resultaron ser la C94-286, C120-78 (testigo) y C 93-252, contrario a la ellas resultaron las variedades C93-260 y C97-283 (bajo contenido de pol y estabilidad). La C98-258 tuvo alta estabilidad pero con rendimientos medios. Las peores variedades resultaron C93-289 y C97-285 (baja estabilidad y pol).

Es muy difícil reunir en un genotipo valores altos de rendimiento agrícola e industrial, lo cual hace complejo el análisis de ambas variables, pues en la naturaleza genética esto es escaso (Cruz, 1994; González, 1995)

3.3.3 Rendimiento en azúcar (t caña.ha⁻¹).

La cepa de caña planta asociada a la variedad C93-259 resultaron las de mayor rendimiento, pero con baja estabilidad (Figura 12). El retoño II, de buena estabilidad y rendimiento de azúcar medio se asoció a las variedades C98-259, C93-252, C120-78 (testigo), C94-286 y C93-289. .

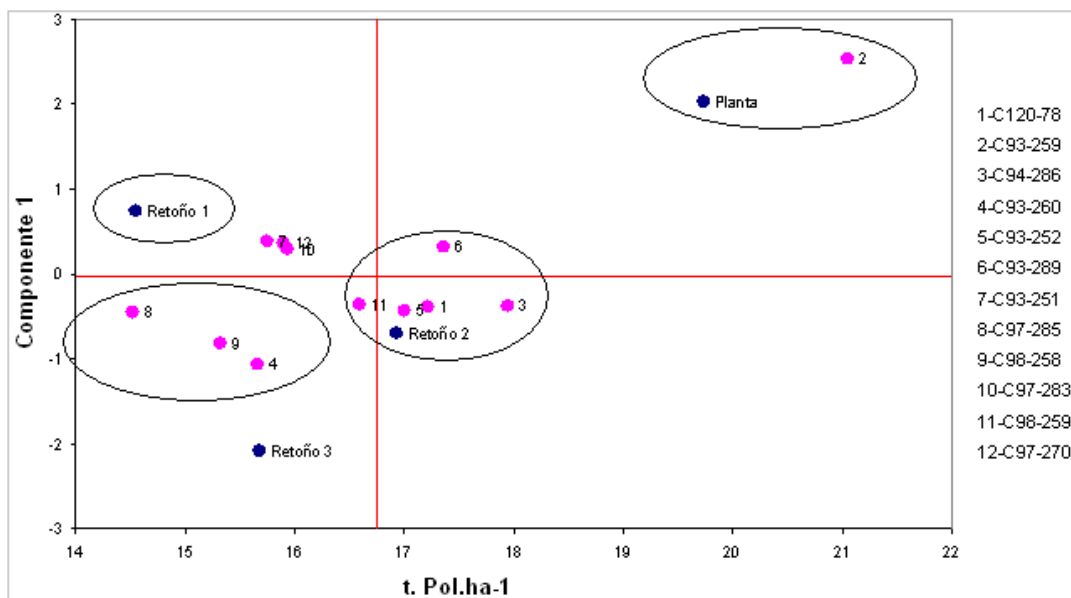


Figura 12. Manifestación de las t pol.ha⁻¹ y la estabilidad en variedades y cepas.

El retoño I resultó el peor (bajo pol por área y estable), al que se asociaron las variedades C97-285, C98-258, C93-260, de rendimiento intermedio y buena estabilidad fueron las variedades C93-251, C97-270, C97-283.

3.3.4 Manifestación de las enfermedades en las variedades

Acorde con los grados que eliminan variedades, en esta etapa, correspondió a la roya eliminar las variedades C93-251 y C98-258, el resto tienen probabilidades de ser seleccionadas en dependencia de su manifestación agro azucareras (Tabla 9).

Tabla 9. Valores más altos alcanzados por las variedades en las evaluaciones de la roya y el carbón.

No.	Variedad	Roya	Resistencia	Carbón	Resistencia
1	C120-78	III	INT	0	I
2	C93-259	II	R	0	I
3	C94-286	III	INT	2	MAR
4	C93-260	III	INT	0	I
5	C93-252	II	R	0	I
6	C93-289	III	INT	0	I
7	C93-251	IV	S	0	I
8	C97-285	III	INT	4	R
9	C98-258	V	AS	0	I
10	C97-283	III	INT	0	I
11	C98-259	III	INT	0	I
12	C97-270	II	R	0	I

Sobre la base de la integralidad de la variedad C94-286 y la C93-259 (Tabla 10) resultaron seleccionadas para ser incorporada a estudios extensivos en áreas de las Unidades Empresariales de Base (UEB) de la provincia.

Tabla 10. Promedio de los principales indicadores de las variedades C94-286 y C93-259 respecto al testigo (C120-78).

Indicador	C93-259	C94-286	C120-78 (testigo)
Rendimiento Agrícola (t caña.ha ⁻¹) (RA)	124,15	96.66	99.53
Rendimiento industrial (pol % caña) (pol)	26,49	18.69	17.97
Rendimiento industrial (t pol .ha ⁻¹) (RZ)	20,17	17.94	17.21
Estabilidad RA	Alta	Alta	Media
Estabilidad pol	Alta	Intermedia	Media
Estabilidad RZ	Alta	Alta	Baja
Roya	R	INT	INT
Carbón	I	MAR	I

Los estudios de extensión se desarrollan en las áreas de producción de cada territorio y responden a las principales condiciones edafoclimáticas de los mismos. Pueden plantarse en cualquiera de los tres ciclos antes mencionados, pero el área de cada nueva variedad debe ser como mínimo 1ha, comparada con la variedad comercial destinada a sustituir (testigo). En esta etapa se estudian los individuos

provenientes de los estudios replicados y se mantendrán durante planta y dos retoños (Jorge y col., 2000).

4. Conclusiones.

1. Las variedades de mejor comportamiento integral para el rendimiento agrícola, contenido y rendimiento azucarero fueron: la C94-286 y la C93-259.
2. La mayor estabilidad fenotípica para el rendimiento agrícola resultó el retoño 1 y la variedad C93-251, mientras que en el pol el retoño 2 y la C98-258 y C97-283 resultaron las más estables en azúcar por área la planta y la C98-258.
3. Al analizar los rendimientos agrícola y de azúcar por área la combinación cepa planta y variedad C93-259 resultó superior al resto, mientras que en el pol los valores más altos se asociaron el retoño 3 y la variedad C94-286..

5. Recomendación.

1. Continuar los estudios de las variedades C93-259 y C94-286 en estudios de extensión para las condiciones de las empresas azucareras de la provincia y concluir sus pruebas estatales de resistencia.

6. Referencias bibliográficas.

- Alejos, G.; Monasterio, P.; Rea, R. 2006. Análisis de la interacción genotipo-ambiente para rendimiento de maíz en la región maicera del estado Yaracuy, Venezuela. *Agronomía Trop.* 56(3): 369-384p.
- Annicchiarico, P. 2002. Genotype x environment interactions. Challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. *FAO PLANT PRODUCTION AND PROTECTION PAPER.* 174. p.2-4.
- Aucilino Mónica, F. Laos, M.J. Arturi, A. Suárez Orozco y C. Greco. 2000. Análisis de la interacción genotipo-ambiente para rendimiento forrajero en cebadilla criolla. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol. 15 (3).
- Baver. L.D. 1963. Practical lessons from trends in Hawaiian sugar production. *Prodc. Int. Soc. Sugar Cane Tech.* 11:68-77.
- Bernal, N. A. 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 en opción al grado de Dr. en Ciencias Agrícolas). Cuba. p 104.
- INICA. Bernal; N. 1991. Informe Técnico de la visita efectuada a CENICAÑA. Colombia. Inédito 5 pp.
- Bernal, N.; F. Morales; G. Gálvez y Ibis Jorge. 1997. Variedades de caña de azúcar, Uso y manejo. Ed. IMAGO. 95 pp.
- Bidinger, F.R., Hammer, G.L. & Muchow, R.C. 1996. The physiological basis of genotype environment interaction in crop adaptation. In M. Cooper & G.L.
- Bilbro, J.D. y Ray L.L. 1976. Environment stability and adaptation of several cotton cultivars. *Crop Sci.* 16: 821-829
- Brasil, E.M.; Chaves, L.J. 1994. Utilización de un modelo cuadrático para el estudio de la respuesta de cultivares a la variación ambiental. In: Congreso Latinoamericano de Genética, 11., Monterrey,. *Memorias.* Monterrey: Association Latinoamericana de Genética, p.616.
- Campbell B.T. and Jones M.A., 2005. Assessment of genotype x environment interactions for yield and fiber quality in cotton performance trials. *Euphytica* 144: 69-78.

- Campo, R.; Mayra Guerra; F. Cuadra; Norma Hervis y J. Freeman. 1998. Variedades energéticas de caña de azúcar; una solución a la biomasa del presente y del futuro, Cuba & Caña (CU) No. 1: 10-13.
- Castro, F. 2002. Un ambicioso y grandioso programa de superación de los trabajadores azucareros. Tabloide especial No 24. 8p
- Castro; S. 1991. Evaluación de ambientes y genotipos de caña de azúcar en la provincia de Holguín. Holguín. 95h. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas. Ministerio del Azúcar. INICA.
- China, A y Eida Rodríguez. 1994. Enfermedades de la caña de azúcar. Ed. CIBA-GEIGY. 100 pp.
- Cooper, M. y Delacy, I. H. 1994. Relationships among analytical methods used to study genotypic variation and genotype by environment
- Cornide M.T. y J.E. Sánchez. 1999. Metodología genético-estadística para la determinación del dosaje de marcadores moleculares en poliploides. POLIMAP. Reporte de Investigaciones. Centro de Matemática y Física Teórica. ICIMAF (ISSN 0138-8916). Noviembre, 1999, 24pp.
- Cornide, M. T. y G. Gálvez. 1999. Los marcadores moleculares y el programa de mejoramiento de la caña de azúcar. En: Biotecnología y Biodiversidad de la Caña de Azúcar. A. Arencibia y M. T. Cornide eds. *Elfos-Scientiae*, La Habana, Cap. 3, pp. 45-63.
- Crossa J., Gauch H.G. Jr., Zobel R.W., 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Sci.* 30 (3), 493-500
- Cruz, R. 1994. Evaluación de progenitores de caña de azúcar (*Sacharum spp.*) a partir de la caracterización de sus progenies en las etapas iniciales de selección. Holguín. 100h. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas. Ministerio del Azúcar, INICA
- Cruz, R.; F. González y Betty Bendig. 1989. Comportamiento de progenies de caña de azúcar en 4 localidades de las provincias orientales. IV Jornada Científica del INICA. Resúmenes. p. 8

- Cruz, R.; L. Peña; Yaquelín Cobo; A. Argota y Betty Bending. 2000. Perspectiva del mejoramiento genético de la caña de azúcar para condiciones de estrés hidrosalino en la provincia de Holguín. Resúmenes Jornada Científica 15 años EPICA Santiago de Cuba. p7.
- Delacy, I. H.; Cooper, M. y Basford, K. E. 1996. Relationships among analytical methods used to study genotype-by-environment interactions and evaluation of their impact on response to selection. p. 51-84. En: Genotype-by-environment interaction. New York: CRC
- Díaz, B, F. 1974. Gregorio Mendel. Sesquicentenario de su nacimiento. Academia de Ciencias de Cuba. Museo Histórico de las ciencias "Carlos J. Finlay". La Habana. 237 pp.
- Duvick, D. N. 1992. Plant breeding: Past achievements and expectations for the future. *Econ. Bot.* 40:289-297.
- Eberhart, S.A. and Russell, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.*, 6: 36-40.
- Edme, S.J., Miller, J.D., Graz, B., Tai, P.Y.P., Comstock, J.C. 2005. Genetic contribution to yield gains in the Florida sugarcane industry across 33 years. *Crop Sci.*, 45, 92-97.
- Finlay, K.W.; Wilkinson, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a Plant-Breeding Programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.14,n.5, p.742-754.
- Fox. P.N.; Crossa, J.; Romagosa, I. 1997. Multi-environment testing and genotype_environment interaction. In: KEMPTON, R.A.; FOX, P.N. (Ed.). *Statistical methods for plant variety evaluation*. New York: Chapman and Hall, cap.8, p.117-138.
- Frisvold, G., Sullivan, J.; Ranases, A. 1999. Who gains from genetic improvements in U.S. crops. *AgBioForum* 2:237-246
- Gabriel, K. R. 1971. The Biplot graphic display of matrices with applications to principal components analysis. *Biometrika*, 58 (3). 453-467.

- Gálvez, G. 1978. Estudio de la interacción genotipo ambiente y métodos de estabilidad en experimentos de variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp híbrido*). La Habana. 76h. Tesis para optar por el grado de C.Dr. en Ciencias Agrícolas. Ministerio de Educación Superior. INCA.
- García, P. H. 2004. Optimización del proceso de obtención de variedades de caña de azúcar tolerantes al estrés por sequía y mal drenaje en la región central de Cuba. La Habana. 122h. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas. Ministerio del Azúcar. INICA
- Gauch H.G. Jr., Zobel R.W., 1988. Predictive and postdictive success f statistical analyses of yield trials. *Theor. Appl. Genet.* 76, 1-10.
- Gauch, H. G. 1992. *Statistical Analysis of Regional Yield Trials: AMMI Analysis of Factorial Designs*. New York: Elsevier (Chinese edition 2001, Hangzhou: China National Rice Research Institute).
- Gauch, H.G. 2007. MATMODEL Version 3.0: Open source software for AMMI and related analyses. *Crop and Soil Sciences*, Cornell University, Ithaca, NY 14853
- Gauch, H.G., y Zobel, R.W. 1996. AMMI analysis of yield trials. In *Genotype by Environment Interaction*, editors M.S. Kang and H.G. Gauch, CRC Press, Boca Raton, Florida, pages 85B122
- Gauch, H.G.; P. Hans-Peter and P. Annicchiarico. 2008. Statistical Analysis of Yield Trials by AMMI and GGE: Further Considerations. *Crop Sci.* 48: 866-889.
- Gilbert R. A., Shine J. M., Miller J. D., Rice R. W.; Rainbolt C. R. 2006. The effect of genotype, environment and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. *Field Crops Research* 95, 156-170
- González y col., 2001 González, R.M.; H. Jorge; Susana Tuero; S. Rodríguez; A. Argota e Ibis Jorge. 2001b. C86-12, C86-456 y C86-503. Nuevas variedades de caña de azúcar para las principales regiones de Cuba. En: *Contribución al conocimiento y manejo de las variedades de caña de azúcar*. Curso de capacitación UASTEC. INICA. La Habana, p35-52.

- González, F. 2005. Perfeccionamiento de la tecnología en la primera etapa del proceso de obtención de nuevas variedades de caña de azúcar mediante Hibridación Tesis Maestría, Univ. La Habana.
- González, M. A. 1995. Caracterización del efecto ambiental en estudios de regionalización de variedades de caña de azúcar en la provincia Las Tunas. (Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas). MINAZ - INICA. Cuba. 105 pp.
- González, R., H. Jorge, R. Almeida, N. Bernal, Susana Tuero, L. Pardo y Hugo Gámez. 2007. El "SERVAS" y su contribución al mejoramiento de la composición varietal de la caña de azúcar en Cuba. En 60 Aniversario EPICA Jovellanos. CD - ISSN1028-6527
- Hanson, W.D. 1994. Distance statistics and interpretation of Southern states regional soybean tests. *Crop Science*, v.34, n.6, p.1498-1504
- Hernández, A; Pérez, J.M; Bosch, D. y Rivero, L. 1999. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. *AGRINFOR*, 64 pp.
- Hill, J. 1975. Genotype-environment interaction a challenge for plant breeding. *J. Agric. Sci. Cambridge* 85: 477-493
- Hill, M.O. 1974. Correspondence analysis: a neglected multivariate method. *Applied Statistics*, v.23, n.2, p.340-354
- Hogarth, D. M. (1987). Genetics of sugarcane. In: Heinz, D. J. (Ed.): Sugarcane improvement through breeding. Elsevier, Amsterdam: 255-271
- Hogarth, D. M. 1976. New varieties lift sugar production. *Producers Rev*, 66(10):21-22
- Hogarth, D. M. 1984. Major changes follow plant breeding review. *Aust. J. Agric. Res*: 20-21.
- Hogarth, D.M. 1968. A review of quantitative genetics in plant breeding with particular reference to sugar cane. *Journal of the Aust. J. Agric. Res*. 22: 93-182
- Hühn, M. 1979. Beiträge zur Erfassung der phänotypischer Stabilität. I. Vorschlag einiger auf Ranginformationen beruhenden Stabilitätsparameter. *E D. V med. U. Biol.* 10 (4): 112-117.

- Ibañez M.A., Di Renzo M.A., Samame S. S., Bonamico N. C., Poverente M.M. 2001. Genotype-environment interaction of love grass forage yield
- Jorge, H. e Ibis Jorge. 2003. Programa de fitomejoramiento, impacto en la producción azucarera cubana. Ed. PUBLINICA. 99 pp.
- Jorge, H.; Ibis Jorge; I. Santana; O. Santana y R. González. 2000. Manejo y explotación de las variedades de caña de azúcar en Cuba. Cuba & Caña. (CU) INICA: 26-28.
- Jorge, H.; Jorge, I.; Bernal, N. 2010. Catalogo. Nuevas variedades de caña de azúcar. INICA. P19.
- Jorge, Ibis; Sadys Seguera; N. Bernal y Ayda Espino. 1997. La agricultura cañera cubana hasta mitad del siglo XX. Cañaveral (CU) 2(3) 50.
- Jorge; H. 1996. Estudio genético de los componentes agroazucareros en etapas clonales del esquema de selección partiendo de posturas viveradas de caña de azúcar (*Sccharum spp*). Cienfuegos 90h. Tesis presentada en opción al grado científico de Dr. En Ciencias Agrícolas Ministerio del Azúcar. INICA.
- 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
- Kang, M. S. y Magari, R. 1996. New development in selecting for phenotypic stability in crop breeding. p. 1-14. En: Genotype-by-environment interaction. New York: CRC.
- Kang, M.S. 1998. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Adv. Agron.*, 62: 199-252.
- Lauer, J.; Coors, G.; Flannery, P.J. 2001. Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. *Crop Sci.* 41:1449-1455.
- Lavoranti J. O., 2003. Estabilidade e adaptabilidade fenotípica através da reamostragem "bootstrap" no modelo AMMI. Tese apresentada a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtencao do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração: Estatística e Experimentação Agronômica. Piracicaba 166 pp.

- López, E. 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 en las provincias de Camagüey y Ciego de Ávila. (Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas). MINAZ - INICA. Cuba. 198 pp.
- Magari, R.; Kang, M.S. 1997. Sas Stable: stability analysis of balanced and unbalanced data. *Agronomy Journal*, v.89, n.5, p.929-932.
- Magari, R.; y Kank, M. 1993. Genotype selection via a new yieldstability statistic in maize yield trials. *Euphytica* 70:105-111 p.
- Mandel J., 1969. The partitioning of interaction in analysis of variance. *Journal of Research of the National Bureau of Standards, Series B: Mathematical Science* 73, 309-328.
- Mandel J., 1971. A new analysis of variance model for non-additive data. *Technometrics* 13, 1-18.
- Mariotti, J.A.; Oyarzabal, E.S.; Osa, J.M.; Bulacio, A.N.R.; Almada, G.H. 1976. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azúcar. Interacciones dentro de una localidad experimental. *Revista Agronómica Argentina*, v.13, p.105-127.
- Martin J.A. 2004. A comparison of statistical methods to describe genotype x environment interaction and yield stability in multi-location maize trials. Thesis for the degree Magister Scientiae Agriculturae in the Faculty of Agriculture, Department of Plant Sciences at the University of the Free State. Bloemfontein. South Africa, 100p
- Milanés, N.; J.M. Mesa; María C. Balance y Norma Hervis. 1997. Recomendación de variedades de caña de azúcar para la ganadería en la provincia de la Habana. *ATAC (CU)* 2: 13p
- MINAZ-INICA. 2009. Reunión Nacional de Variedades, Semilla y Sanidad Vegetal.
- Mirzawan, P.D.N., Cooper, M., DeLacy, I.H., Hogarth, D.M., 1994. Retrospective analysis of the relationships among the test environments of the southern Queensland sugarcane breeding programme. *Theor. Appl. Genet.* 88, 707-716.

- Nachit M., Ketata, H.; Gauch, G. y Zobel, R. 1992. Use of AMMI and linear regression models to analyse genotype-environment interaction in durum wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 83(5):597-601.
- Pérez, G.; N. Bernal; A. China; J. P. O'Reilly y F. de Prada. 1997. Recursos Genéticos de la caña de azúcar. Edit. IMAGO. 249 pp.
- Pérez, N. R.; Echevarría, D. L. y García M. A. 2004. Restructuración de la Industria azucarera: inicios de un debate. Universidad de la Habana. Disponible en: <http://www.uh.cu/infogral/areasuh/vri/archivos/CAR/seminario2004/PDF/PONENCIAS%20ORALES/Niurka.P%E9rez/Niurka.P%E9rez.pdf> [Consulta: en noviembre del 2009].
- Plaisted, R.L., Peterson, L.C. 1959. A technique for evaluating the ability of selection the yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, v.36, n.6, p.381-5.
- Pollock, J. S. y D. E. Byth. 1984. Interacción variedad x ambiente en caña de azúcar. II. Parámetros de comportamiento y patrón de análisis.
- Rossi, G. 2001. Sugarcane variety notes, "an international directory", 7th revision, Piracicaba, Brazil.
- Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability *Heredity*, v.29, n.2, p.237-245.
- Silva, J.G.C.; Barreto, J.N. 1986. An application of segmented linear regression to the study of genotypes environment interaction. *Biometrics*, v.41, n.4 p.1093.
- Storck, L.; Vencovsky, R. 1994. Stability analysis on a bi-segmented discontinuous model with measurement errors in the variables. *Revista Brasileira de Genética*, v.17, n.1, p.75-81
- Tai, G. 1971. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials. *Crop Science.*, v.11, n.2, p.184-90
- Tew, T. 2003. World sugarcane variety census-Year 2000. *Sugar cane international*, March/April. 12-18.
- Varela M, Castillo, J. 2002. Modelos con término multiplicativo. Aplicación en el análisis de la interacción Genotipo Ambiente. *Informática y Bioestadística*

- Varela, M. y Castillo, J. 2005. Modelos con término multiplicativo. Aplicación en el análisis de la interacción Genotipo Ambiente. Rev. Cultivos Tropicales, vol. 26 No.3 p.71-75
- Vega, A. 1993. Evaluación de algunos aspectos relacionados con la etapa intermedia de selección de la caña de azúcar en Cuba. Camagüey.103h. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas. Ministerio del Azúcar. INICA.
- Vencovsky, R.; Torres, R.A.A. 1988. Estabilidad geográfica e temporal de algunas cultivares de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., Belo Horizonte, Anais. Belo Horizonte: EMBRAPA, CNPMS, p.294-300.
- Verma, M.M.; Chahal, G.S.; Murty, B.R. 1978. Limitations of conventional regression on analysis a proposed modification. Theoretical and Applied Genetics, V.53, p.89-91.
- Villegas, R. y Ledia Benítez, Editores. 2003. Evaluación de la aptitud física de las tierras dedicadas al cultivo de la caña de azúcar en Cuba, base para la diversificación de la agroindustria azucarera. Informe INICA, MINAZ.
- Westcott, B. 1987. A method of assessing the yield stability of crop genotypes. J. AWricke, G.; Weber, E.W. 1986. Quantitative genetics and selection in plant breeding. Berlin: Walter de Gruyter,. 406p
- Wricke, G. 1962. ethode zur erfassung der Okologischen streubreite in feldversuchen. Zeitschrift fur Panzenzucht, v.47, n.I, p.92-96
- Wricke, G.; Weber, E.W. 1986. Quantitative genetics and selection in plant breeding. Berlin: Walter de Gruyter,. 406p
- Yan, S. 1995. Regression and AMMI analysis of genotype-environment interaction. An empirical comparison. Agron. J. 87:121-126
- Yan, W and L.A. Hunt. 2002. Byplot analysis of multi-environment trial data. In: Kang, M.S. ed. Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding. CABI Publishing, 289-303.
- Yan, W. 2001. GGEbiplot - A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. Agron. J. 93:1111-1118.

- Yan, W., L.A. Hunt, Q. Sheng, and Z. Szlavnic. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* 40: 597-605.
- Yates, F. y Cochran, W.G. 1938. The analysis of groups of experiments. *The Journal of Agricultural Science*, v.28, n.4, p.556-580.
- Zobel, R., Wright, M. y Gauch, H. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron J.* 80:388-393.

7. Anexos

Anexo 1. Vista de la variedad C93-259.



Anexo 2. Vista de la variedad C94-286.

