Resultados de la primera soca de la prueba regional en zonas secas-semisecas con variedades de las Series 97 al 01

Fredy A. Salazar, Luis Orlando López, Carlos A. Viveros, Juan C. Angel, Ulises Castro y Jorge I. Victoria K.*

Introducción

La selección de variedades de caña de azúcar para las zonas secas-semisecas se lleva a cabo en sitios representativos de 73 zonas agroecológicas (cuarta aproximación) ubicadas en la parte plana del valle geográfico del río Cauca, las cuales se caracterizan por condiciones de humedad H0, H1 y H2.

Las variedades para las zonas secas-semisecas son seleccionadas por su adaptación en las condiciones mencionadas y con ellas se busca superar estadísticamente al testigo comercial en 5% en el contenido de sacarosa (% caña) y mantener el tonelaje de caña por hectárea. Además, las variedades seleccionadas deben mostrar resistencia a las principales enfermedades y plagas que afectan el cultivo en el valle del río Cauca.

En la prueba regional se evalúan las mejores variedades de cada una de las series de selección mediante observaciones detalladas de su comportamiento agronómico, fitosanitario y entomológico en campos de diferentes ingenios y en las zonas agroecológicas más representativas de la agroindustria. Por lo general la prueba regional se siembra en franjas repetidas con la orientación de una siembra comercial y se hacen tres cortes (plantilla y dos socas). Con la información colectada y con el enfoque de agricultura específica por sitio se buscan los sitios o zonas agroecológicas de adaptación para las variedades sobresalientes, en donde ellas expresen su mayor potencial de producción de toneladas de caña y sacarosa.

A continuación se presentan los resultados de la primera soca de la prueba regional con variedades de las series 97-01; para el análisis se utilizaron modelos estadísticos multivariados validados en caña de azúcar (Salazar y Victoria, 2010). El experimento está diseñado para tres cortes: plantilla y dos socas.

Materiales y métodos

La prueba regional fue sembrada durante el segundo semestre de 2007 en seis localidades de igual número de ingenios, ubicadas en cuatro zonas agroecológicas representativas del ambiente seco-semiseco. La cosecha de la plantilla se realizó entre septiembre de 2008 y enero de 2009; la primera soca se cosechó entre octubre de 2009 y febrero de 2010, con edades de corte que oscilaron entre 12.8 y 13.8 meses.

Sitios de evaluación de la prueba regional. El experimento se realiza en cooperación con los ingenios Incauca, Manuelita, Mayagüez, Providencia, Riopaila Castilla (planta Riopaila) y Sancarlos. Los sitios de siembra corresponden a la zona agroecológica más representativa de cada ingenio y fueron escogidos buscando la mayor cobertura de zonas agroecológicas de características secas-semisecas a través de los ingenios (Cuadro 1).

Variedades de caña de azúcar. Se evalúan 17 variedades promisorias de las series 97-01: dos variedades de la serie 97, una de la serie 98, una de la serie 99, cinco de la serie 00 y ocho de la serie 01. Los testigos comerciales son CC 85-92 y MZC 74-275.

Cuadro 1. Sitios de la prueba regional en zonas secas-semisecas con variedades de las series 97-01 y edades de cosecha correspondientes a la primera soca.

Ingenio	Hacienda y suerte	Zona agroecol.	Suelo			Edad de corte (meses)
			Consociación	Subgrupo	Familia textural	
Manuelita	La Cabaña 20A	11H1	Palmira	Pachic Haplustolls	Francosa fina	13.8
Riopaila	La Luisa 05	15H1	La selva	Vertic Haplustolls	Limosa fina sobre arcillosa	13.0
Sancarlos	Esmeralda 87A	6H1	Corintias	Typic Haplusterts	Fina	13.0
Providencia	Marsella 506	6H1	Galpón	Typic Calciusterts	Fina	12.8
			Corintias	Typic Haplusterts	Fina	
Mayagüez	San Rafael 41B	11H1	Palmira	Pachic Haplustolls	Francosa fina	12.9
Incauca	San Fernando 11Z	11H3	Manolo	Udifluventic Haplustolls	Francosa fina	13.1

* Ingeniero Agrónomo, Ph.D., Fitomejorador <fsalazar@cenicana.org>; Ingeniero Agrónomo, Investigador Temporal <lolopez@cenicana.org>; Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Fitomejorador <caviveros@cenicana.org; Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Fitopatólogo <jcangel@cenicana.org>; Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Entomólogo <ucastro@cenicana.org>; Ingeniero Agrónomo, Ph.D., Director Programa de Variedades <jivictoria@cenicana.org>. Todos de Cenicaña.

Diseño experimental. La prueba regional fue sembrada en un diseño de látice 4x5 con tres repeticiones. La unidad experimental corresponde a cada una de las variedades en una parcela de seis surcos a lo largo del tablón (longitudes de surco entre 70 m y 122 m y distancias entre surcos de 1.65 m ó 1.70 m).

Manejo agronómico. La fertilización fue recomendada por Cenicaña de acuerdo con el Sistema Experto de Fertilización (SEF) y los riegos fueron programados por cada ingenio con la metodología de balance hídrico. La plantilla se cosechó en verde limpio y la primera soca con quema previa, y en ambas oportunidades el corte fue manual.

Diseño estadístico. Las diferencias entre tratamientos fueron analizadas con base en el análisis de varianza siguiendo el modelo estadístico para los diseños en látice.

El análisis de varianza en la soca se hizo individual para cada uno de los seis ingenios donde se lleva a cabo la prueba regional. En el análisis de medias se usó la Diferencia Mínima Significativa (DMS), con una probabilidad del 5%. La repetibilidad entre cortes se estimó usando la metodología propuesta por Cruz (2001). Para el análisis de estabilidad y adaptabilidad se usó el modelo de efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas (*Additive Main Effects and Multiplicative Interation*: AMMI) propuesto por Vargas *et al*. (1991).

Resultados y discusión

A continuación se presenta el análisis de los resultados de productividad de las variedades en la primera soca en términos de sacarosa (% caña), toneladas de sacarosa por hectárea (TSH) y toneladas de caña por hectárea (TCH). Para el efecto se hizo el análisis de las medias de cada variable en cada localidad y el análisis combinado de las medias a través de localidades, así como el análisis de estabilidad de las variedades a través de los ambientes de evaluación.

El desarrollo de las variedades en la primera soca se vio afectado por las condiciones de alta humedad que se presentaron en la mayoría de los sitios durante la cosecha de la plantilla –cuando hubo pisoteo de las cepas– y por la cantidad de residuos dejados en el campo por el corte manual y en verde limpio. Estas condiciones incidieron negativamente en el rebrote de la soca y conllevaron porcentajes de resiembra cercanos al 20% en casi todas las variedades, incluida la variedad testigo CC 85-92. Adicionalmente, durante el desarrollo de la primera soca se presentó un período de sequía prolongado, de manera que los tonelajes de caña por hectárea de las variedades fueron menores en la primera soca con respecto a los resultados obtenidos en la plantilla (Viveros *et al.*, 2009).

Análisis por localidad

Como criterio de análisis se presume que las mejores variedades son aquellas que superan de manera significativa en 5% la productividad media obtenida por el testigo CC 85-92 en cada sitio experimental, es decir las variedades que se ubican en el cuadrante superior derecho de la figura de isocurvas. Para la identificación de las variedades promisorias se analizan las combinaciones de sacarosa (% caña) y TCH que dan lugar a los resultados en TSH y se tienen en cuenta las evaluaciones sanitarias.

Zona agroecológica 11H1, Ingenio Manuelita

En el Ingenio Manuelita, hacienda La Cabaña, zona agroecológica 11H1, se cosechó la primera soca con una edad de 13.8 meses. Durante el ciclo del cultivo se presentó una precipitación de 1139 mm y se aplicaron cinco riegos suplementarios.

Los coeficientes de variación para las variables sacarosa (% caña), TCH y TSH fueron bajos (5.2%, 5% y 6.1%, respectivamente) y los coeficientes de heredabilidad fueron superiores al 92%, de modo que el control del error experimental fue adecuado. En el análisis de varianza se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre las variedades, lo cual refleja las diferencias genéticas entre las variedades. En las pruebas de comparación de medias (DMS, 0.05 y Dunnett, 0.05) se detectaron diferencias estadísticas entre las variedades y entre estas y el testigo CC 85-92 (Cuadro 2).

Con diferencias estadísticas significativas con respecto al testigo CC 85-92 se destacaron en sacarosa (% caña) las variedades CC 01-678 (22% de diferencia), CC 01-746 (16%), CC 00-3191 (13%) y CC 01-1228 (12%) y en TSH las variedades CC 01-678 (17% de diferencia), CC 97-7170 (13%) y CC 01-1228 (11%). En TCH ninguna variedad fue estadísticamente superior al testigo, aunque CC 97-7170 presentó una diferencia de 5% y CC 01-1228, CC 01-678, CC 01-1305 y CC 99-1405 fueron similares al testigo (Figura 1).

Como criterio de análisis se presume que las mejores variedades son aquellas que superan de manera significativa en 5% la productividad media obtenida por el testigo CC 85-92 en cada sitio experimental, es decir, las variedades que se ubican en el cuadrante superior derecho de la figura de isocurvas

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas generales del experimento de prueba regional con variedades de las series 97-01 para zonas secas-semisecas en primera soca, medias de las variedades sobresalientes y los testigos. Hacienda La Cabaña, suerte 20A, Ingenio Manuelita, zona agroecológica 11H1.

Variedad	Sacarosa (% caña)		Toneladas de caña por hectárea (TCH)		Toneladas de sacarosa por hectárea (TSH)		Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	
	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]
CC 01-678	16.8	22**	156	-2	25.9	17**	23.3	24**
CC 97-7170	15.0	9*	167	5	25.1	13**	21.8	16**
CC 01-1228	15.5	12**	155	-2	24.4	11*	21.4	14**
CC 98-426	15.4	11**	147	-8*	23.0	4	20.0	6
CC 01-746	15.9	16**	145	-9*	22.8	3	20.2	7
MZC 74-275[b]	15.5	12**	143	-10**	22.6	2	19.8	5
CC 85-92[b]	13.8	0	159	0	22.1	0	18.8	0
Media	15.0		146		21.9		19.0	
Mínimo	13.2		120		18.0		14.8	
Máximo	16.8		167		25.9		23.3	
DMS[c]	1.3		13		2.2		2.2	
CV (%)[d]	5.2		5		6.1		7.0	
p variedades[e]	0.0		0		0.0		0.0	
H^2 (%)[f]	92		95		95		95	

a. MT (%): Porcentaje de ganancia relativa sobre el testigo CC 85-92.
* Significancia estadística (al 5%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
** Significancia estadística (al 1%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
b. Variedades testigo. Las diferencias relativas de las variedades evaluadas se presentan con respecto al testigo CC 85-92.
c. DMS: Diferencia mínima significativa (p=5%).
d. CV (%): Coeficiente de variación del experimento.
e. p variedades: Probabilidad de encontrar diferencias estadísticas significativas entre variedades.
f. H^2 (%): Coeficiente de heredabilidad, como porcentaje de la varianza fenotípica que se debe a efectos genéticos estimables.

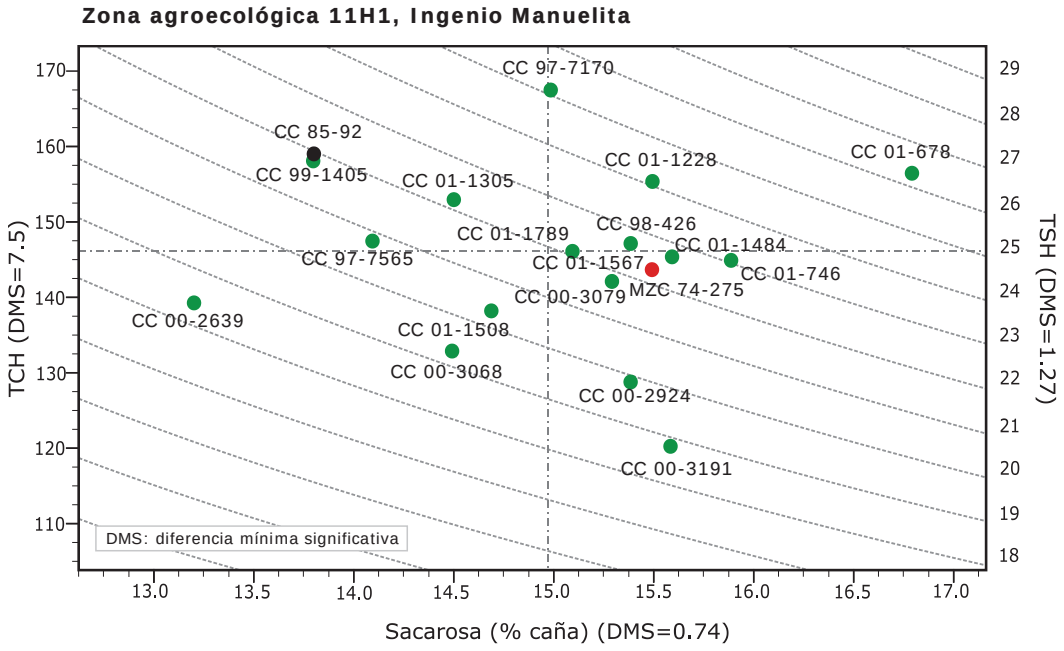

Figura 1. Curvas de isoproductividad de la prueba regional en zonas secas-semisecas con variedades de las series 97-01. Ingenio Manuelita, zona agroecológica 11H1. Edad de cosecha: 13.8 meses (primera soca).

Zona agroecológica 15H1, Riopaila Castilla (planta Riopaila)

CC 01-678

En la hacienda La Luisa, zona agroecológica 15H1, la primera soca se cosechó a los 13.0 meses. Durante el ciclo de cultivo la precipitación fue de 1186 mm, lo que implicó la aplicación de tres riegos suplementarios.

Los coeficientes de variación para las variables evaluadas fueron bajos, con valores entre 4.2% y 6.5%, y que los coeficientes de heredabilidad fueron superiores a 86%; esto indica un control adecuado del error experimental que a su vez permite hacer una mejor evaluación de la variabilidad genética. En el análisis de varianza se detectaron diferencias altamente significativas entre las variedades evaluadas. Las pruebas de separación de medias de DMS (0.05) y Dunnett (0.05) contribuyeron en la detección de diferencias estadísticas significativas entre las variedades y entre estas y el testigo CC 85-92 (Cuadro 3).

Seis variedades superaron significativamente en sacarosa (% caña) al testigo CC 85-92: CC 98-426 (en 15%), CC 01-1484 (15%), CC 01-678 (12%), CC 00-3191 (12%), CC 97-7170 (11%) y CC 00-2924 (10%). En TCH y TSH todas las variedades fueron iguales en términos estadísticos al testigo CC 85-92; sobresalieron por el tonelaje de caña CC 01-1567 y por el tonelaje de sacarosa CC 01-1484 (9%), CC 00-2924 (9%), CC 97-7170 (8%) y CC 01-678 (5%) (Figura 2).

Cuadro 3. Estadísticas descriptivas generales del experimento de prueba regional con variedades de las series 97-01 para zonas secas-semisecas en primera soca, medias de las variedades sobresalientes y los testigos. Hacienda La Luisa, suerte 05, Riopaila Castilla (planta Riopaila), zona agroecológica 15H1.

Variedad	Sacarosa (% caña)		Toneladas de caña por hectárea (TCH)		Toneladas de sacarosa por hectárea (TSH)		Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	
	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]
CC 00-2924	16.2	10**	121	-2	19.7	9	17.2	10
CC 01-1484	16.9	15**	117	-5	19.6	9	17.6	13*
CC 97-7170	16.3	11**	120	-3	19.6	8	17.6	13*
CC 01-1567	15.4	5	124	1	19.5	8	17.2	10
CC 01-678	16.5	12**	115	-7*	19.0	5	17.1	9
CC 98-426	16.9	15**	112	-9**	18.9	4	17.0	9
MZC 74-275[b]	16.0	9*	117	-5	18.7	3	16.5	5
CC 85-92[b]	14.7	0	123	0	18.1	0	15.6	0
Media	15.7		116		18.3		16.2	
Mínimo	13.9		102		14.2		12.1	
Máximo	16.9		124		19.7		17.6	
DMS[c]	1.1		9		2.0		2.0	
CV (%)[d]	4.2		5		6.5		7.3	
p variedades[e]	0.0		0		0.0		0.0	
H^2 (%)[f]	93		86		90		91	

a. MT (%): Porcentaje de ganancia relativa sobre el testigo CC 85-92.
* Significancia estadística (al 5%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
** Significancia estadística (al 1%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
b. Variedades testigo. Las diferencias relativas de las variedades evaluadas se presentan con respecto al testigo CC 85-92.
c. DMS: Diferencia mínima significativa (p=5%).
d. CV (%): Coeficiente de variación del experimento.
e. p variedades: Probabilidad de encontrar diferencias estadísticas significativas entre variedades.
f. H^2 (%): Coeficiente de heredabilidad, como porcentaje de la varianza fenotípica que se debe a efectos genéticos estimables.

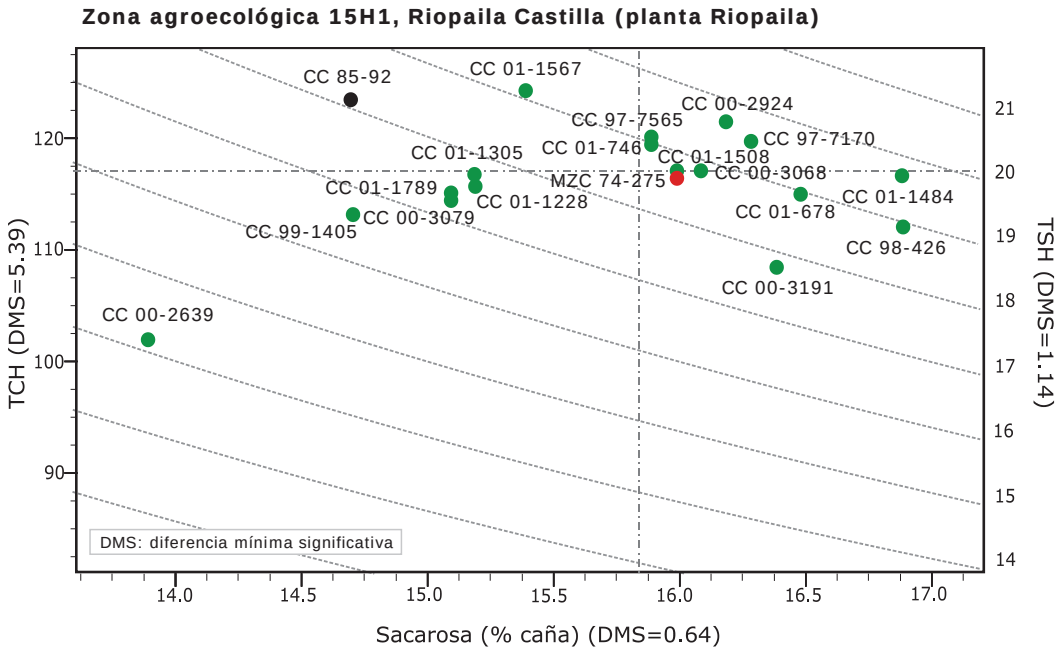

Figura 2. Curvas de isoproductividad de la prueba regional en zonas secas-semisecas con variedades de las series 97-01. Riopaila Castilla (planta Riopaila), zona agroecológica 15H1. Edad de cosecha: 13.0 meses (primera soca).

CC 01-678

Zona agroecológica 6H1, Ingenio Sancarlos

En el Ingenio Sancarlos, hacienda Esmeralda, zona agroecológica 6H1, la primera soca se cosechó a los 13 meses. Durante el ciclo de cultivo se registraron 945 mm de precipitación y fueron necesarios ocho riegos suplementarios.

Los coeficientes de variación para TCH y TSH estuvieron entre 13.0% y 14.4%, y para sacarosa (% caña) el coeficiente de variación fue de 4.1%. Las heredabilidades fueron superiores al 91% en las tres variables evaluadas, lo cual indica un control adecuado del error experimental y por tanto una mejor estimación de la variabilidad genética. En el análisis de varianza se detectaron diferencias altamente significativas entre las variedades evaluadas. En las pruebas de separación de medias (DMS, 0.05 y Dunnett, 0.05) se detectaron diferencias estadísticas significativas entre variedades y entre estas y el testigo CC 85-92 (Cuadro 4).

CC 01-1228 y CC 85-92

En sacarosa (% caña) y por superar significativamente al testigo CC 85-92 se destacaron las variedades CC 98-426 (18% más sacarosa), CC 00-3191 (14%), CC 00-2924 (13%), CC 97-7170 (13%), CC 01-1305 (13%) y CC 01-1598 (12%). En TCH y TSH ninguna de las variedades superó significativamente al testigo; sobresalieron en TCH las variedades CC 00-3079 (4%) y CC 01-746 (1%), mientras que en TSH se destacaron CC 01-746 (13%), CC 99-1405 (7%), CC 00-3079 (7%) y CC 01-1228 (1%) (Figura 3).

Cuadro 4. Estadísticas descriptivas generales del experimento de prueba regional con variedades de las series 97-01 para zonas secas-semisecas en primera soca, medias de las variedades sobresalientes y los testigos. Hacienda Esmeralda, suerte 87A, Ingenio Sancarlos, zona agroecológica 6H1.

Variedad	Sacarosa (% caña)		Toneladas de caña por hectárea (TCH)		Toneladas de sacarosa por hectárea (TSH)		Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	
	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]
CC 01-746	14.6	7	125	1	19.1	13	15.2	-7
CC 99-1405	14.4	5	125	0	18.1	7	17.3	6
CC 00-3079	14.2	4	129	4	18.0	7	17.6	8
CC 01-1228	14.5	6	124	0	17.0	1	18.6	14
CC 01-1305	15.4	13**	111	-11	16.9	0	15.5	-4
MZC 74-275[b]	14.6	7	110	-12	15.5	-8	15.3	-6
CC 85-92[b]	13.6	0	124	0	16.9	0	16.3	0
Media	14.5		107		15.6		14.9	
Mínimo	12.3		80		10.4		10.6	
Máximo	16.1		129		19.1		18.6	
DMS[c]	0.94		23		3.02		3.43	
CV (%)[d]	4.1		13		14.4		13.9	
p variedades[e]	0.00		0		0.00		0.00	
H^2 (%)[f]	95		92		91		91	

a. MT (%): Porcentaje de ganancia relativa sobre el testigo CC 85-92.
* Significancia estadística (al 5%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
** Significancia estadística (al 1%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
b. Variedades testigo. Las diferencias relativas de las variedades evaluadas se presentan con respecto al testigo CC 85-92.
c. DMS: Diferencia mínima significativa (p=5%).
d. CV (%): Coeficiente de variación del experimento.
e. p variedades: Probabilidad de encontrar diferencias estadísticas significativas entre variedades.
f. H^2 (%): Coeficiente de heredabilidad, como porcentaje de la varianza fenotípica que se debe a efectos genéticos estimables.

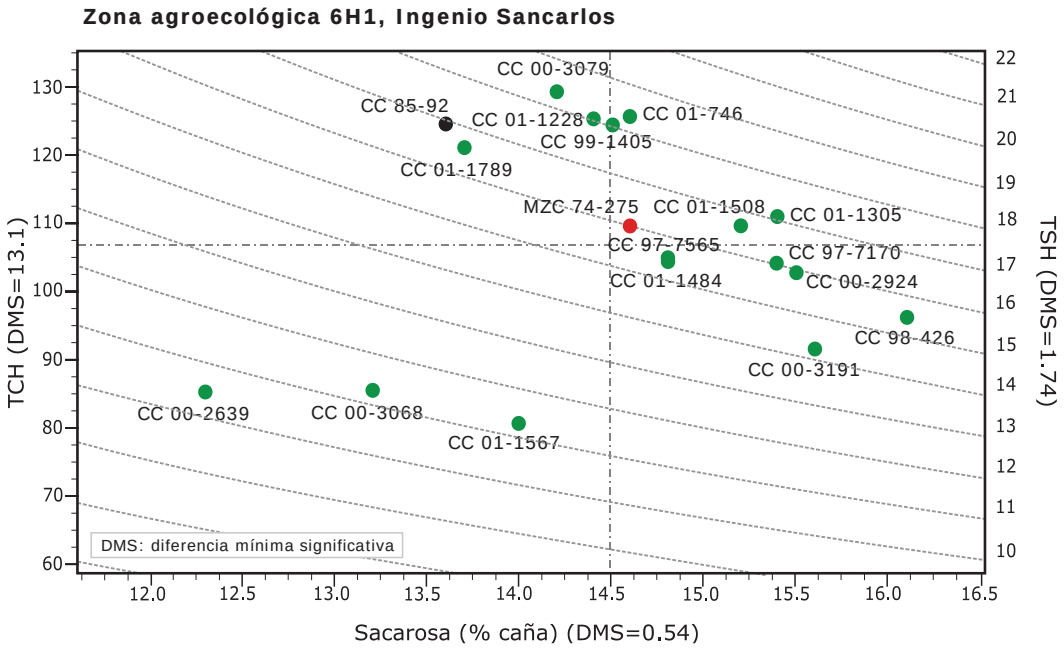

Figura 3. Curvas de isoproductividad de la prueba regional en zonas secas-semisecas con variedades de las series 97-01. Ingenio Sancarlos, zona agroecológica 6H1. Edad de cosecha: 13.0 meses (primera soca).

CC 01-1228

Zona agroecológica 6H1, Ingenio Providencia

En el Ingenio Providencia, hacienda Marsella, zona agroecológica 6H1, la primera soca se cosechó a los 12.8 meses de edad. Durante el ciclo de cultivo la precipitación fue 596 mm, de modo que se aplicaron diez riegos suplementarios.

CC 97-7170

Los coeficientes de variación para las variables evaluadas fueron bajos (4.4-9.3%) y los coeficientes de heredabilidad estuvieron entre 82% y 88%; lo anterior indica un control adecuado del error experimental y por lo tanto, mejor evaluación de la variabilidad genética de las variedades. En el análisis de varianza se detectaron diferencias altamente significativas entre las variedades y entre las variables TCH y TSH. En las pruebas de separación de medias (DMS, 0.05 y Dunnett, 0.05) se detectaron diferencias estadísticas significativas entre variedades y entre estas y el testigo CC 85-92 (Cuadro 5).

Con diferencias significativas en sacarosa (% caña) en comparación con el testigo se identificaron las variedades CC 99-1405 (8%) y CC 01-1228 (7%); además se destacaron en esta variable CC 97-7170 (6%), CC 01-3191 (5%), CC 98-426 (4%) y CC 01-746 (4%). En TCH y TSH ninguna variedad fue superior en términos estadísticos al testigo. Sólo las variedades CC 97-7170 y CC 01-1228 fueron levemente mejores en TSH, con diferencias de 2% y 1% respectivamente (Figura 4).

Cuadro 5. Estadísticas descriptivas generales del experimento de prueba regional con variedades de las series 97-01 para zonas secas-semisecas en primera soca, medias de las variedades sobresalientes y los testigos. Hacienda Marsella, suerte 506, Ingenio Providencia, zona agroecológica 6H1.

Variedad	Sacarosa (% caña)		Toneladas de caña por hectárea (TCH)		Toneladas de sacarosa por hectárea (TSH)		Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	
	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]
CC 97-7170	15.7	6	145	-4	19.9	2	22.6	0
CC 01-1228	15.8	7*	141	-7	19.7	1	22.3	-1
CC 99-1405	16.0	8*	132	-13*	18.6	-5	21.1	-6
CC 01-1789	14.6	-1	139	-8	18.1	-7	20.8	-7
CC 01-3191	15.6	5	133	-12*	17.8	-9	20.3	-9
MZC 74-275[b]	14.5	-2	124	-18**	15.4	-21**	17.8	-21**
CC 85-92[b]	14.8	0	151	0	19.6	0	22.5	0
Media	15.0		132		17.3		19.8	
Mínimo	14.4		116		14.4		16.8	
Máximo	16.0		151		19.9		22.6	
DMS[c]	1.1		18		2.7		2.9	
CV (%)[d]	4.4		8		9.3		8.9	
p variedades[e]	0.1		0.0		0.0		0.0	
H^2 (%)[f]	82		86		88		88	

a. MT (%): Porcentaje de ganancia relativa sobre el testigo CC 85-92.
* Significancia estadística (al 5%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
** Significancia estadística (al 1%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
b. Variedades testigo. Las diferencias relativas de las variedades evaluadas se presentan con respecto al testigo CC 85-92.
c. DMS: Diferencia mínima significativa (p=5%).
d. CV (%): Coeficiente de variación del experimento.
e. p variedades: Probabilidad de encontrar diferencias estadísticas significativas entre variedades.
f. H^2 (%): Coeficiente de heredabilidad, como porcentaje de la varianza fenotípica que se debe a efectos genéticos estimables.

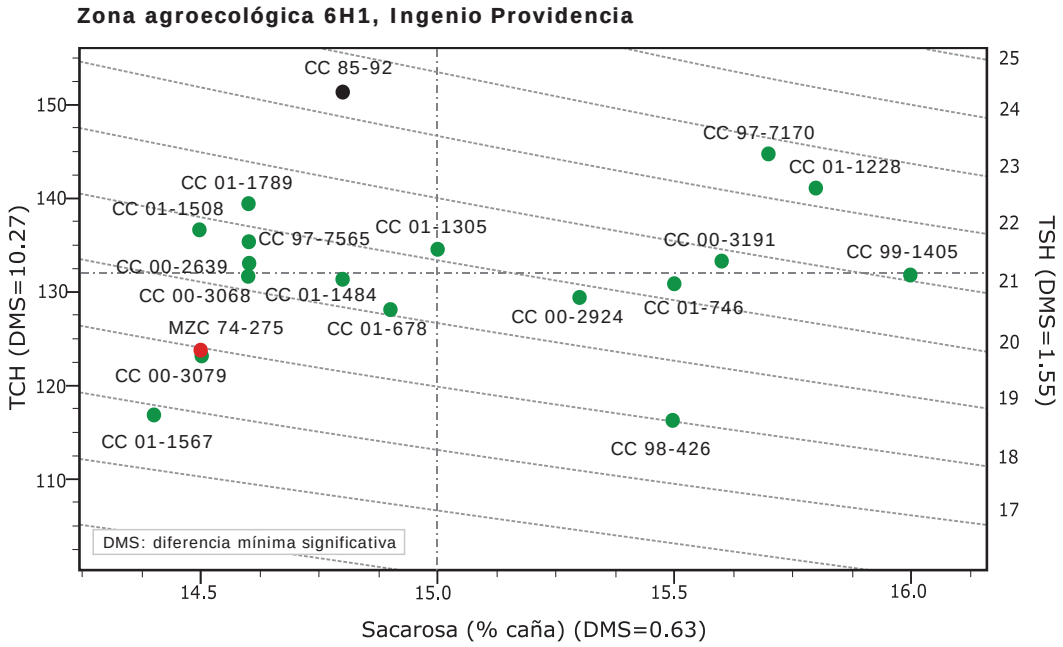

Figura 4. Curvas de isoproductividad de la prueba regional en zonas secas-semisecas con variedades de las series 97-01. Ingenio Providencia, zona agroecológica 6H1. Edad de cosecha: 12.8 meses (primera soca).

CC 97-7170

Zona agroecológica 11H1, Ingenio Mayagüez

CC 00-3079

En el Ingenio Mayagüez, hacienda San Rafael, zona agroecológica 11H1, la primera soca se cosechó a la edad de 12.9 meses. La precipitación durante el ciclo del cultivo fue 741 mm y se aplicaron cinco riegos adicionales de acuerdo con el balance hídrico.

Para las variables evaluadas los coeficientes de variación fueron bajos (4.4-6.6%), acompañados de heredabilidades superiores al 92%, lo cual indica un adecuado control del error experimental que permite evaluar la variabilidad genética entre las variedades. En el análisis de varianza se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas entre las variedades para todos los caracteres en evaluación. En la prueba de comparación de medias (DMS, 0.05 y Dunnett, 0.05) se detectaron diferencias significativas entre las variedades y entre las variedades y el testigo CC 85-92 (Cuadro 6).

Por su alta sacarosa (% caña), significativamente superior que el testigo CC 85-92, sobresalieron las variedades CC 01-1484 (10% más de sacarosa), CC 98-426 (9%), CC 00-2924 (8%); también se destacaron CC 97-7170 (5%), CC 00-3079 (5%) y CC 00-2639 (4%). En TCH, la variedad CC 00-2639 fue significativamente superior al testigo, con una diferencia de 14%; las variedades CC 01-1305, CC 01-1789 y CC 97-7170 presentaron valores de TCH estadísticamente iguales a CC 85-92. En TSH también sobresalió la CC 00-2639, que fue significativamente superior en 22% al testigo CC 85-92; otras variedades destacadas en esta variable fueron CC 01-1484 (3%) y CC 97-7170 (1%) (Figura 5).

Cuadro 6. Estadísticas descriptivas generales del experimento de prueba regional con variedades de las series 97-01 para zonas secas-semisecas en primera soca, medias de las variedades sobresalientes y los testigos. Hacienda San Rafael, suerte 41B, Ingenio Mayagüez, zona agroecológica 11H1.

Variedad	Sacarosa (% caña)		Toneladas de caña por hectárea (TCH)		Toneladas de sacarosa por hectárea (TSH)		Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	
	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]
CC 00-2639	15.6	4	182	14**	28.6	20**	25.4	22**
CC 01-1484	16.6	10*	149	-7	24.6	3	22.1	6
CC 97-7170	15.8	5	154	-4	24.0	1	21.2	2
CC 00-3079	15.8	5	150	-6	23.7	0	21.0	1
CC 97-7565	15.2	1	154	-3	23.6	-1	20.8	0
MZC 74-275[b]	15.6	3	149	-7	23.2	-2	20.7	-1
CC 85-92[b]	15.1	0	159	0	23.8	0	20.8	0
Media	15.3		148		22.7		19.9	
Mínimo	13.6		127		18.6		15.8	
Máximo	16.6		182		28.6		25.4	
DMS[c]	1.1		13		2.5		2.4	
CV (%)[d]	4.4		5		6.6		7.4	
p variedades[e]	0.0		0		0.0		0.0	
H^2 (%)[f]	92		97		95		95	

a. MT (%): Porcentaje de ganancia relativa sobre el testigo CC 85-92.
* Significancia estadística (al 5%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
** Significancia estadística (al 1%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
b. Variedades testigo. Las diferencias relativas de las variedades evaluadas se presentan con respecto al testigo CC 85-92.
c. DMS: Diferencia mínima significativa (p=5%).
d. CV (%): Coeficiente de variación del experimento.
e. p variedades: Probabilidad de encontrar diferencias estadísticas significativas entre variedades.
f. H^2 (%): Coeficiente de heredabilidad, como porcentaje de la varianza fenotípica que se debe a efectos genéticos estimables.

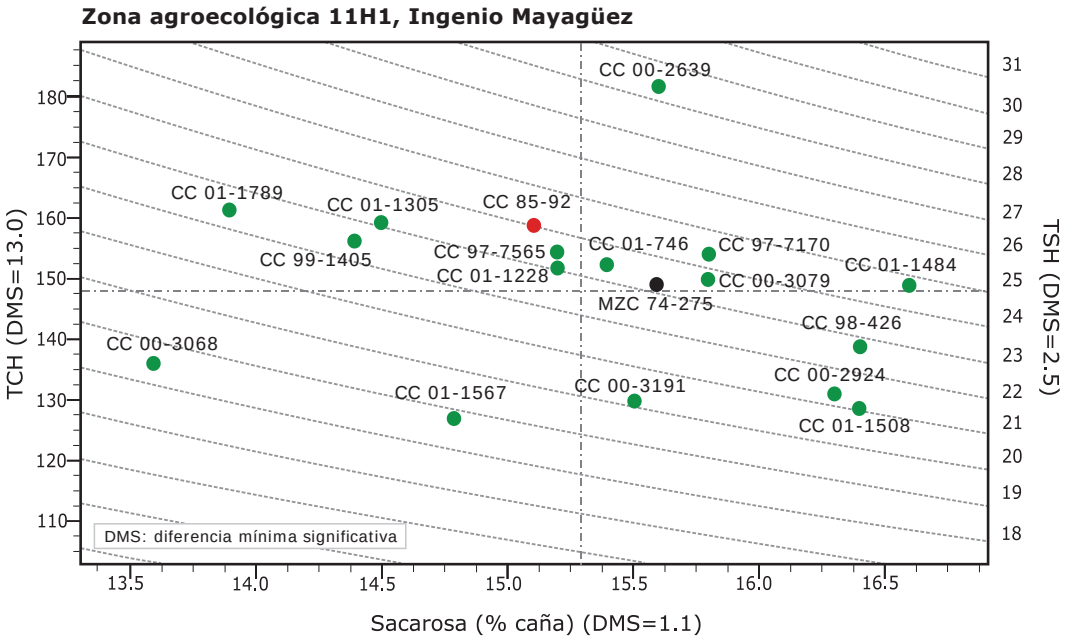

Figura 5. Curvas de isoproductividad de la prueba regional en zonas secas-semisecas con variedades de las series 97-01. Ingenio Mayagüez, zona agroecológica 11H1. Edad de cosecha: 12.9 meses (primera soca).

CC 00-3079

Zona agroecológica 11H3, Incauca

En Incauca, hacienda San Fernando, la primera soca se cosechó a los 13.1 meses de edad. Dadas las condiciones de humedad presentes durante el desarrollo del cultivo, el sitio fue reclasificado en tiempo real en la zona agroecológica 11H1 (la zona agroecológica reportada en la cartografía es 11H3). Durante el ciclo de cultivo se registraron 696 mm de precipitación y fueron necesarios cuatro riegos adicionales.

Los coeficientes de variación para las variables evaluadas fueron bajos (entre 5.4% y 9.6%) y las heredabilidades fueron superiores a 87%, lo cual indica un buen control del error experimental que permite hacer una evaluación adecuada de la variabilidad genética. En el análisis de varianza se detectaron diferencias altamente significativas entre las variedades evaluadas. En las pruebas de separación de medias (DMS, 0.05 y Dunnett, 0.05) se detectaron diferencias significativas entre variedades y entre estas y el testigo CC 85-92 (Cuadro 7).

En sacarosa (% caña) se consiguieron resultados significativamente superiores al testigo CC 85-92 con las variedades CC 98-426 (16%), CC 01-1228 (15%), CC 01-678 (10%) y CC 97-7565 (10%). En TCH ninguna variedad fue superior en términos estadísticos, aunque sobresalieron CC 01-1305 (2%) y CC 00-2639 (igual que el testigo). En TSH sobresalió la variedad CC 01-1228 con 14% de diferencia estadística significativa en comparación con el testigo; también se destacaron en esta variable CC 01-678 (7%), CC 01-1789 (1%) y CC 01-1305 (igual que el testigo) (Figura 6).

Cuadro 7. Estadísticas descriptivas generales del experimento de prueba regional con variedades de las series 97-01 para zonas secas-semisecas en primera soca, medias de las variedades sobresalientes y los testigos. Hacienda San Fernando, suerte 11Z, Incauca, zona agroecológica 11H3.

Variedad	Sacarosa (% caña)		Toneladas de caña por hectárea (TCH)		Toneladas de sacarosa por hectárea (TSH)		Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	
	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]
CC 01-1228	17.1	15**	133	-2	22.9	14*	20.6	18**
CC 01-678	16.3	10*	132	-2	21.5	7	19.1	9
CC 01-1789	15.2	3	134	-1	20.3	1	17.8	2
CC 97-7170	14.9	1	133	-1	20.0	0	17.4	0
CC 01-1305	14.4	-3	139	2	20.0	0	17.2	-1
MZC 74-275[b]	14.6	-2	122	-10*	17.8	-11	15.4	-12
CC 85-92[b]	14.8	0	135	0	20.0	0	17.5	-1
Media	15.4		125		19.2		16.9	
Mínimo	14.0		94		13.8		12.0	
Máximo	17.2		139		22.9		20.6	
DMS[c]	1.4		14		3.1		3.0	
CV (%)[d]	5.4		7		9.6		10.7	
p variedades[e]	0.00		0		0.01		0.02	
H^2 (%)[f]	89		93		87		85	

a. MT (%): Porcentaje de ganancia relativa sobre el testigo CC 85-92.
* Significancia estadística (al 5%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
** Significancia estadística (al 1%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
b. Variedades testigo. Las diferencias relativas de las variedades evaluadas se presentan con respecto al testigo CC 85-92.
c. DMS: Diferencia mínima significativa (p=5%).
d. CV (%): Coeficiente de variación del experimento.
e. p variedades: Probabilidad de encontrar diferencias estadísticas significativas entre variedades.
f. H^2 (%): Coeficiente de heredabilidad, como porcentaje de la varianza fenotípica que se debe a efectos genéticos estimables.

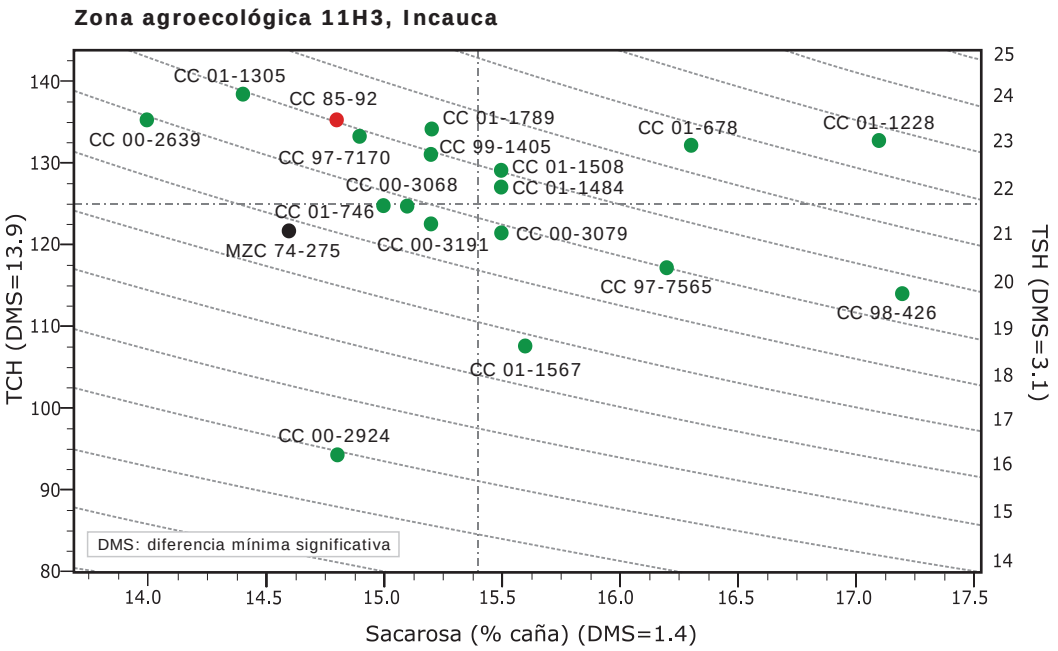

Figura 6. Curvas de isoproductividad de la prueba regional en zonas secas-semisecas con variedades de las series 97-01. Incauca, zona agroecológica 11H3. Edad de cosecha: 13.1 meses (primera soca).

Análisis combinado a través de ingenios

El análisis combinado de los resultados de la primera soca a través de los seis ingenios donde se cosechó la prueba regional mostró coeficientes de variación bajos (entre 4.9% y 8.6%) para las variables sacarosa (% caña), TCH y TSH. Los coeficientes de heredabilidad estuvieron entre 68% y 79%, lo cual indica un manejo adecuado del error experimental en el campo.

En el análisis combinado de varianza a través de los ingenios se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas entre las variedades y en la interacción variedades por localidad, con lo cual se ratifica que se debe continuar con el esquema de selección de variedades para zonas agroecológicas o ambientes específicos. En las pruebas de separación de medias (DMS, 0.05 y Dunnett, 0.05) se detectaron diferencias estadísticas significativas entre variedades, así como entre estas y el testigo CC 85-92 (Cuadro 8).

A través de las localidades, en la primera soca sobresalieron por contenido de sacarosa (% caña) significativamente superior al testigo las variedades CC 01-678 (11%), CC 01-1228 (7%), CC 97-7170 (7%) y CC 01-746 (6%), y se destacó la CC 99-1405 (2%). En TCH todas las variedades fueron inferiores al testigo CC 85-92. En TSH ninguna variedad superó al testigo en términos estadísticos, aunque se destacaron la CC 01-1228 (4%), la CC 01-678 (4%) y la CC 97-7170 (3%) (Figura 7).

En la Figura 8 se muestra el análisis de las dos primeras componentes principales (PCA) de la interacción de variedad por localidad (AMMI2), de modo que: (a) Las variedades más estables y los ambientes que menos discriminan las diferencias entre variedades se ubican hacia el centro de la gráfica; (b) Las variedades y las localidades que tienen una interacción positiva se ubican en el mismo cuadrante y (c) Las variedades y las localidades que tienen una interacción negativa se ubican en cuadrantes opuestos.

De acuerdo con lo anterior, el análisis de estabilidad de AMMI2 para el carácter TSH mostró que en la hacienda Marsella del Ingenio Providencia (PR) las variedades fueron afectadas de manera igual por el ambiente, mientras en las otras haciendas la interacción fue mayor; este análisis permite hacer una mejor discriminación de las variedades por TSH en cada localidad. Se observa que la hacienda San Rafael del Ingenio Mayagüez (MY) y la hacienda La Cabaña del Ingenio Manuelita (MN) se ubican en cuadrantes opuestos, tal como ocurre con la hacienda La Esmeralda del Ingenio Sancarlos (SC) y la hacienda San Fernando de Incauca (CA), lo cual indica que dichas localidades ofrecen condiciones ambientales contrastantes que permiten tener una mayor expresión de las variedades como respuesta a los cambios del ambiente (Figura 8).

La interacción variedad por ambiente fue mayor en las variedades CC 00-2639, CC 00-2924, CC 01-746, CC 01-678 y CC 00-3068, lo que indica que estas variedades deben ser ubicadas en ambientes específicos para explotar su potencial genético. Las variedades más estables a través de los ambientes fueron CC 97-7170, CC 01-1228, CC 01-1484, CC 98-426, CC 85-92 y MZC 74-275 (Figura 8).

Con base en el comportamiento *per se* de las variedades y la primera componente de interacción, las variedades más estables fueron CC 97-7170, CC 01-1228, CC 01-678 y CC 85-92 por presentar valores de TSH superiores a la media general y valores de PCA cercanos a cero (Figura 9). Las localidades de mayor potencial de producción y que permiten hacer una mejor discriminación de las variedades –debido a que presentan valores de PCA distantes de cero– corresponden a la hacienda San Rafael del Ingenio Mayagüez (MY) y la hacienda La Cabaña del Ingenio Manuelita (MN).

Cuadro 8. Estadísticas descriptivas generales del experimento de prueba regional con variedades de las series 97-01 para zonas secas-semisecas en primera soca, medias de las variedades sobresalientes y los testigos. Evaluaciones a través de seis ingenios azucareros del valle del río Cauca, Colombia.

Variedad	Sacarosa (% caña)		Toneladas de caña por hectárea (TCH)		Toneladas sacarosa por hectárea (TSH)		Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	
	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]	Media	MT (%)[a]
CC 01-1228	15.5	7**	141	-3	21.4	4	20.6	7
CC 01-678	16.1	11**	139	-5	21.3	4	20.5	7
CC 97-7170	15.5	7**	141	-4	21.1	3	19.7	3
CC 01-746	15.4	6**	136	-7	20.2	-1	18.3	-4
CC 99-1405	14.7	2	140	-4	20.1	-2	18.6	-3
MZC 74-275[b]	15.1	4	129	-11**	18.9	-8	17.8	-7
CC 85-92[b]	14.5	0	146	0	20.5	0	19.2	0
Media	15.2		132		19.4		18.2	
Mínimo	13.9		115		16.9		15.7	
Máximo	16.2		146		21.4		20.6	
DMS[c]	0.7		12		2.1		2.1	
CV (%)[d]	4.9		8		8.6		9.2	
p variedades[e]	0.0		0.0		0.0		0.0	
p variedades por localidad[f]	0.0		0.0		0.0		0.0	
H^2 (%)[g]	79		79		68		64	

a. MT (%): Porcentaje de ganancia relativa sobre el testigo CC 85-92.
* Significancia estadística (al 5%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
** Significancia estadística (al 1%) para la diferencia entre la variedad y el testigo CC 85-92.
b. Variedades testigo. Las diferencias relativas de las variedades evaluadas se presentan con respecto al testigo CC 85-92.
c. DMS: Diferencia mínima significativa (p=5%).
d. CV (%): Coeficiente de variación del experimento.
e. p variedades: Probabilidad de encontrar diferencias estadísticas significativas entre variedades.
f. p variedades por localidad: Probabilidad de encontrar diferencias estadísticas significativas para la interacción variedades por localidad.
g. H^2 (%): Coeficiente de heredabilidad, como porcentaje de la varianza fenotípica que se debe a efectos genéticos estimables.

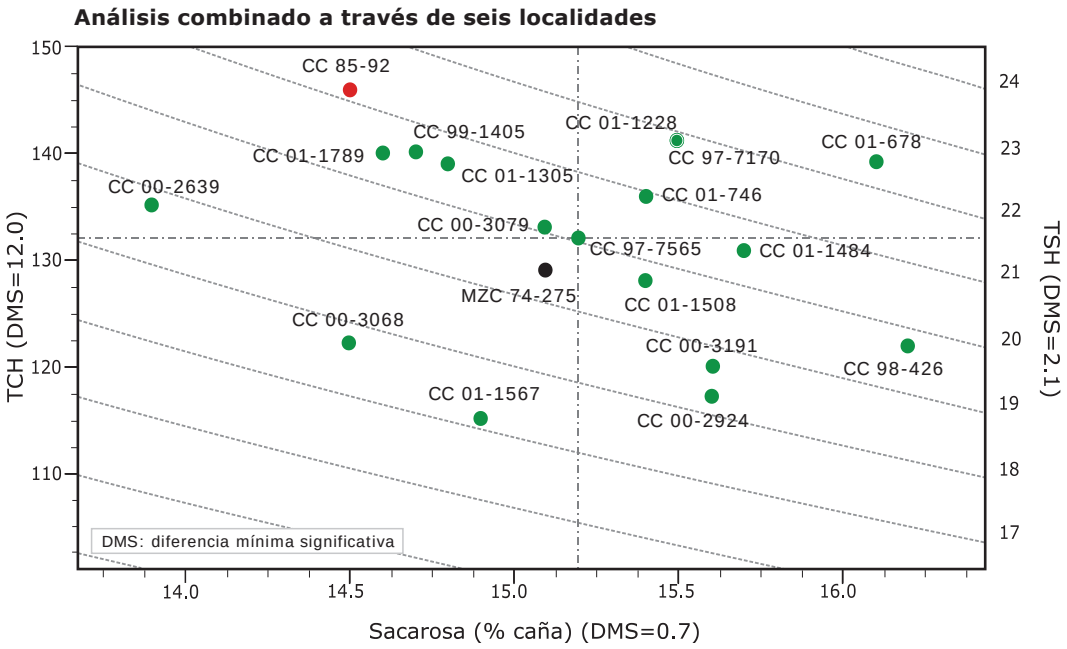

Figura 7. Curvas de isoproductividad de la prueba regional en zonas secas-semisecas con variedades de las series 97-01 (primera soca). Análisis combinado a través de seis ingenios.

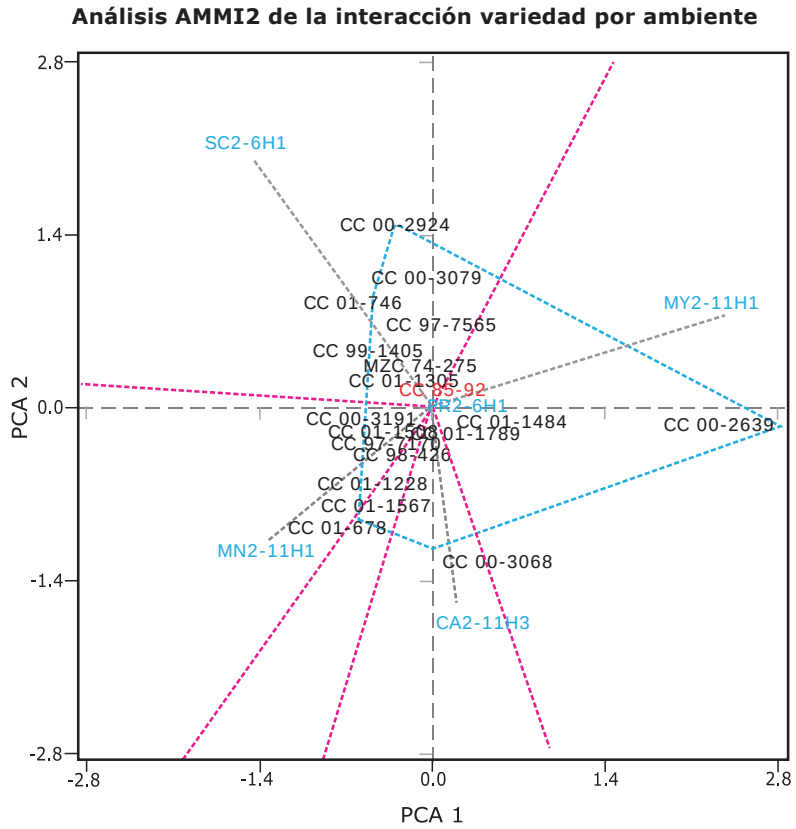

Figura 8. Análisis AMMI2 para las dos primeras componentes principales (PCA) de la interacción variedad por ambiente. Prueba regional para zonas secas-semisecas con variedades de las series 97-01 (primera soca). Análisis a través de cinco ingenios.

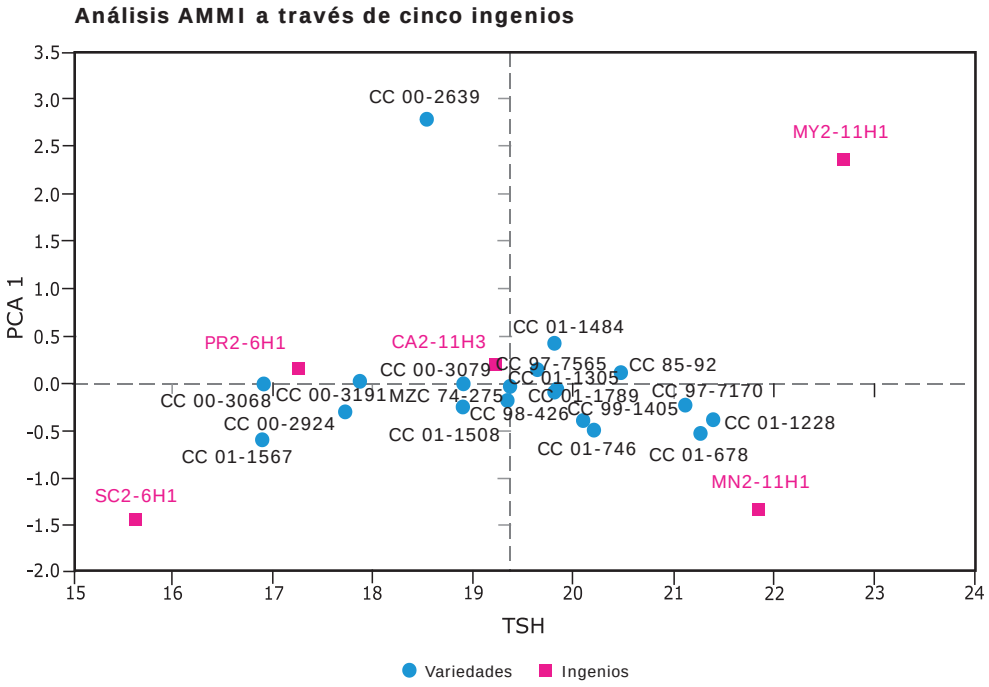

Figura 9. Análisis AMMI para los dos componentes aditivos (ingenios y variedades) y la primera componente principal (PCA) de la interacción. Prueba regional para zonas secas-semisecas con variedades de las series 97-01 (primera soca). Análisis a través de cinco ingenios.

Seguimiento fitosanitario

Se hicieron evaluaciones de la incidencia de la enfermedad del carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow) y de la intensidad de infestación del insecto barrenador del tallo *Diatraea* spp.

Carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow). La evaluación se llevó a cabo en la suerte 87A de la hacienda La Esmeralda del Ingenio Sancarlos, donde en la primera soca se encontró alta incidencia de la enfermedad en las tres repeticiones de la variedad CC 01-1789, con valores que oscilaron entre 12.6% y 31%; esta variedad no había mostrado dicha enfermedad en evaluaciones anteriores, cuando sí había mostrado susceptibilidad a la roya café (*Puccinia melanocephala* H. Sydow y P. Sydow). Con valores de incidencia de carbón inferiores a 1.6% se registraron las variedades CC 01-678, CC 01-1484, CC 01-1508, CC 00-3079, CC 98-426, CC 97-7170, CC 99-1405 y CC 00-2639, y el resto de las variedades no presentaron la enfermedad (Cuadro 9).

***Diatraea* spp.** Las evaluaciones de incidencia del barrenador *Diatraea* se llevaron a cabo en cuatro ingenios. De acuerdo con los resultados, cinco variedades fueron calificadas como susceptibles a medianamente susceptibles, seis como intermedias y seis como moderadamente resistentes a resistentes. Se destacaron las variedades CC 00-2924 y CC 00-3191 por ser las más resistentes y CC 00-3068, CC 01-1228, CC 01-746 y CC 98-426 por ser moderadamente resistentes (Cuadro 10). La variedad CC 85-92 fue calificada como resistente y la MZC 74-275, como intermedia. Las evaluaciones se repetirán en la segunda soca de esta prueba regional.

Cuadro 9. Incidencia de carbón en variedades de las series 97-01, hacienda Esmeralda, suerte 87A, Ingenio Sancarlos. Primera soca, prueba regional para zonas secas-semisecas.

Variedad	Incidencia (%)		
	Media	Mínimo	Máximo
CC 98-426	0.0	0.0	0.1
CC 01-678	0.6	0.0	1.5
CC 01-1484	0.7	0.1	1.8
CC 01-1789	21.9	12.6	31.0
CC 01-1508	0.4	0.0	1.2
CC 00-3079	0.3	0.0	0.8
CC 97-7170	0.6	0.0	1.5
CC 99-1405	0.1	0.0	0.3
CC 00-3191	0.1	0.0	0.1
CC 00-2639	0.1	0.0	0.2

Cuadro 10. Índice de resistencia de las variedades de las series 97-01 al insecto barrenador del tallo *Diatraea* spp. en la primera soca del experimento de prueba regional para zonas secas-semisecas. Media de cuatro ingenios.

Variedad	Índice de resistencia al barrenador *Diatraea* spp. [1]				
	Ing. Manuelita	Ing. Providencia	Ing. Mayagüez	Incauca	Media
CC 00-2924	R	I	MR	R	R
CC 00-3191	R	R	R	R	R
CC 00-3068	MR	R	MS	I	MR
CC 01-1228	I	MS	MR	MR	MR
CC 01-746	MR	I	I	MR	MR
CC 98-426	MR	MR	MR	I	MR
CC 00-2639	MR	R	S	I	I
CC 01-1305	MS	R	I	R	I
CC 01-1484	I	S	I	I	I
CC 01-1508	MS	I	R	MR	I
CC 01-1567	I	I	I	S	I
CC 01-678	I	MR		MR	I
CC 97-7170	MS	I	MS	MS	MS
CC 97-7565	I	I	MS	S	MS
CC 00-3079	S	S	MS	S	S
CC 01-1789	S	I	I	S	S
CC 99-1405	S	S	MR	S	S
MZC 74-275	I	MS	S	I	I
CC 85-92	MR	MR	R	I	R

1. Índice de resistencia: R: Resistente; MR: Medianamente resistente; I: Intermedia; MS: Medianamente susceptible; S: Susceptible

Conclusiones

- Los resultados de la primera soca muestran que las variedades más estables y que ofrecen un alto potencial genético son CC 01-1228, CC 97-7170, CC 01-678, CC 00-3079, CC 01-1789 y CC 01-1484.
- En el análisis por localidad, las variedades más estables a través de los dos cortes y que presentaron porcentajes de ganancia relativa con respecto al testigo CC 85-92 fueron: CC 01-678, CC 97-7170 y CC 01-128 (Ingenio Manuelita); CC 00-3079, CC 01-1228 y CC 97-7170 (Sancarlos); CC 01-1228 y CC 97-7170 (Providencia); CC 01-1228 y CC 01-678 (Incauca); CC 00-2639, CC 97-7170, CC 01-1484 y CC 01-1228 (Mayagüez); CC 01-1484, CC 98-426, CC 01-678 y CC 01-1508 (Riopaila).
- Los tonelajes de caña por hectárea de las variedades fueron menores en la primera soca con respecto a la plantilla debido a las condiciones de alta humedad que se presentaron en la mayoría de los sitios durante la cosecha de la plantilla y al período prolongado de sequía que ocurrió durante el desarrollo de la soca.
- El porcentaje más alto de resiembra (30%) se registró con la variedad CC 00-2639; no obstante, en la hacienda San Rafael del Ingenio Mayagüez, zona agroecológica 11H1, donde la plantilla se cosechó en condiciones secas y se hizo un buen manejo de los residuos, esta variedad produjo en la primera soca 182 TCH, el valor más alto en tonelaje de toda la prueba regional; lo anterior indica que el pisoteo y los altos residuos de cosecha pueden afectar negativamente su producción.

Referencias bibliográficas

Cruz, C. 2001. Programa Genes. Version Windows. Aplicativo computacional em genética e estadística. UFV. Brasil.

Vargas, M.; Crossa, J.; van Eeuwijk, F.; Sayre, K.; Reynolds, M.P. 2001. Interpreting treatment x environment interaction in agronomy trials. Agronomy J. 93:949-960

Salazar, F.A. y Victoria, J.I. 2010. Validación de modelos estadísticos multivariados en el proceso de selección de variedades de caña de azúcar. Caso: variedad CC 85-92. Carta Trimestral. v.32, 1 y 2 (enero-junio): 40-46

Viveros, C.A.; López, L.O.; Salazar, F.A.; Ángel, J.C.; Gómez, L.A.; Victoria, J.I. 2009. Prueba regional de variedades en zonas semisecas: Resultados de las Series 97 a 01 en plantilla. Carta Trimestral. v.31, 1 y 2 (enero-junio): 8-19

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia - Cenicaña

Agroindustria unida en la investigación y el desarrollo

Cenicaña es una institución privada de carácter científico y tecnológico, sin ánimo de lucro, fundada en 1977 por iniciativa de la agroindustria azucarera localizada en el valle del río Cauca. Su misión es contribuir por medio de la investigación, evaluación y divulgación de tecnología y el suministro de servicios especializados al desarrollo de un sector eficiente y competitivo, de manera que éste juegue un papel importante en el mejoramiento socioeconómico y en la conservación de un ambiente productivo, agradable y sano en las zonas azucareras.

Las actividades de investigación y desarrollo son financiadas por los ingenios azucareros y los cultivadores de caña a través de donaciones directas definidas cada año como un porcentaje del valor de la producción de azúcar.

Las áreas de investigación se enmarcan en tres programas: Variedades, Agronomía y Procesos de Fábrica. Los servicios de apoyo son: Información y documentación, Economía y Estadística, Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología y Tecnología Informática. El Centro Experimental está ubicado a 3°13´ latitud norte, a 1024 metros de altura sobre el nivel del mar. En este sitio la temperatura media anual es de 23.5 °C, la precipitación de 1160 mm y la humedad relativa de 77%.

La ***Carta Trimestral*** es una publicación periódica, editada por Cenicaña con el propósito de difundir información y conocimientos científicos y tecnológicos relacionados con el desarrollo de la agroindustria azucarera colombiana. Ofrece documentación resumida sobre los resultados generados por el centro de investigación y las experiencias de ingenios y cañicultores con las nuevas tecnologías, al tiempo que provee las referencias bibliográficas complementarias sobre cada tema. El primer volumen fue editado en 1978, y los cambios más significativos de diseño y concepto editorial se dieron en 1997 cuando la versión impresa comenzó a publicarse también en Internet.

Título: Resultados de la primera soca de la prueba regional en zonassecas-semisecas con variedades de las Series 97 al 01

Autores: Fredy A. Salazar, Luis Orlando López, Carlos A. Viveros, Juan C. Angel, Ulises Castro y Jorge I. Victoria K.

Publicado en: Carta Trimestral. Cenicaña, 2010. v.32, nos. 1 y 2. p.23-39

© Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, 2010.

Centro Experimental: vía Cali-Florida, km 26
Tel: (57) (2) 6876611 – Fax: (57) (2) 2607853w
Oficina de enlace: Calle 58 norte no.3BN-110
Apartado aéreo: 9138
Cali, Valle del Cauca – Colombia

www.cenicana.org
buzon@cenicana.org