

APTITUD AGRONÓMICA E INDUSTRIAL DE 33 VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR “NO FLORECEDORAS”, EN PRIMERA COSECHA EN EL PRIMER TERCIO DE LA ZAFRA 2014-2015*

Fredy Rosales Longo¹; Cristian García²; Luis Lima³; Werner Ovalle⁴; Benjamín García⁵; Henry Gonzalez⁶

¹Fitomejorador CENGICAÑA; ²Departamento de Investigación ingenio La Unión; ³Departamento de Investigación ingenio Magdalena; ⁴Fitopatólogo, ⁵Técnico Fitomejoramiento; ⁶Supervisor Estación Experimental CENGICAÑA

RESUMEN

Las variedades de caña de azúcar con bajas tasas de floración pueden impactar en: la reducción de costos, el mejoramiento del manejo agronómico y en el mejoramiento de la producción de biomasa y de azúcar; en consecuencia, esto conduce a mejorar la sustentabilidad del cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño agronómico e industrial de 33 variedades de caña de azúcar “no florecedoras” para su cosecha en el primer tercio de la zafra. Se condujeron dos experimentos en el estrato litoral de Guatemala, donde se evaluaron 33 variedades no florecedoras comparadas con los testigos “florecedores” que se cultivan para esta temporada de cosecha. Se utilizó para ambos experimentos un diseño de bloques completos al azar. Se realizaron pruebas de F para el modelo matemático correspondiente, así como pruebas de F para un modelo lineal mixto, para un análisis combinado de los dos experimentos. Se determinó diferencias estadísticas en las variables más importantes. Las evidencias agronómicas, estadísticas e industriales indican que existen variedades “no florecedoras” que igualan y/o superan en productividad de azúcar a las variedades “florecedoras” habituales en ésta época de cosecha. Se destacan por su buen desempeño las variedades CG09-2204, CG09-09115, CG09-11979, CG09-09612 y CG09-08835. Estas variedades ofrecen ventajas que supone la posibilidad de reducir costos de producción y el mejoramiento de la eficiencia en el manejo agronómico.

ABSTRACT

The low flowering rate in sugarcane cultivars can impact on: savings production expenses, agronomic management improving and raise the biomass and sucrose production. The objective was to evaluate the agronomic performance and juice quality of 33 “non-flowering” sugarcane genotypes to its harvesting in the first third of the harvesting season in Guatemala. Two experiments were carried out in the coastal stratum, where 33 non-flowering sugarcane genotypes were evaluated as compared to the sugarcane cultivars traditionally grown in this harvesting period. Nine agronomical and juice-quality characterization variables were measured. Both experiments were settled out as One Factor Randomized Complete Block design. Conventional “F” test by ANOVA was performed in each experiment; besides an ANOVA for the adjustment of a Linear Mixed Model was performed in a combined statistical analysis for both experiments. Significant differences were found among the genetic materials under inspection for the main measured variables. The CG09-2204, CG09-09115, CG09-11979, CG09-09612 and CG09-08835 genotypes were outstanding.

* Trabajo presentado en el XX Congreso de Técnicos Azucareros de Centroamérica, ATALAC y XIII Congreso de Técnicos Azucareros de Guatemala, ATAGUA, Guatemala, 10 al 14 de agosto 2015.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético en especies vegetales, constantemente demanda innovaciones en la aplicación de las metodologías y alteraciones en los esquemas de mejoramiento que, derivan, generalmente, en modificaciones de procedimientos que propenden al alcance de resultados que mediante los esquemas usuales podrían no alcanzarse.

En las coyunturas actuales, y con la necesidad de hacer innovaciones tecnológicas que permitan la producción de caña de azúcar agrónomicamente eficiente y financieramente apropiada, el desarrollo de materiales genéticos que propicien la baja en los costos de producción en forma significativa es en cierta medida una prioridad. Las variedades de caña de azúcar con bajas tasas de floración (variedades “no flor”), son una opción tecnológica que puede resultar en un impacto importante en la reducción de costos y la elevación de la eficiencia del manejo agronómico. En general estas variedades poseen varias ventajas de manejo agronómico con respecto a las variedades florecedoras. Una desventaja, es que se consideran a las variedades No Flor, como variedades de maduración tardía y que las concentraciones de azúcar de éstas no son suficientemente adecuadas para su cultivo en el primer tercio de la zafra. Para establecer este alcance, se presentan los resultados de un estudio sobre variedades no florecedoras

(maduración tardía) cultivadas para su cosecha en el mes de diciembre.

En caña de azúcar, el incremento en los rendimientos de azúcar está asociado, principalmente, al incremento de biomasa y a un nivel mínimo apropiado de concentración de sacarosa. La producción biomasa puede incrementarse sustancialmente si se logra darle uso a la mayor extensión de los tallos. Uno de los principales impedimentos para el uso total del tallo en la producción de biomasa, es la tendencia a la producción de flores de la mayoría de variedades que se utilizan para su explotación en este tercio de cosecha.

Actualmente, CENGICAÑA ha desarrollado, con éxito, la producción de variedades no florecedoras (tardías) para el último tercio de la producción, mientras que, las variedades tempranas (florecedoras), se han empleado continuamente como variedades adecuadas para el inicio de las cosechas en noviembre y diciembre (Orozco *et al.*, 2012). Hasta el momento no se han evaluado sistemáticamente materiales “no florecedores”, como parte de los inicios de la zafra.

Se presentan y discuten los resultados de la evaluación de 33 nuevos genotipos “no florecedores” para establecer sus calidades en términos agronómicos e industriales, comparados con las variedades “florecedoras” que actualmente se cultivan en el primer tercio de la zafra en Guatemala.

OBJETIVOS

Objetivo General. Contribuir con la sostenibilidad del cultivo de la caña de azúcar mediante la generación y desarrollo materiales genéticos de caña de azúcar con altos potenciales de producción, manejo agronómico más simplificado y apropiados beneficios económicos.

Objetivo Específico. Evaluar el desempeño agronómico e industrial de 33 variedades de caña de azúcar “no florecedoras” en condiciones de cultivo para su cosecha en el primer tercio de la zafra en el contexto de la agroindustria azucarera guatemalteca.

Ho: Las diferencias registradas para cada variable de respuesta, no son función de las diferencias genéticas de las variedades de caña de azúcar en estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. Se establecieron dos ensayos, ambos en el estrato litoral en las fincas San Luis del ingenio La Unión y otro en la finca

El Retazo del ingenio Magdalena. El experimento ubicado en San Luis fue sujeto a la aplicación de madurador (Glifosato) a una dosis de 1.45 l ha⁻¹ de Glifosato (Round-up SL) aplicado el 27 de octubre del 2014. Ambos ensayos fueron cosechados con una edad aproximada de 11 meses el 15 de diciembre.

Ámbito Institucional

Los experimentos fueron conducidos por el Programa de Variedades de CENGICAÑA conjuntamente con los Departamentos de Investigación de los ingenios La Unión y Magdalena.

Material vegetal

Se emplearon para este trabajo caña/semilla de genotipos “no florecedores” de la series CG08 y CG09, y variedades introducidas por el programa de Variedades de CENGICAÑA, que fueran seleccionados para establecer los ensayos “no flor” de la 12^{ava} Prueba Regional del Programa de Variedades de CENGICAÑA. Los materiales provinieron de las selecciones realizadas en el estrato medio y litoral.

Cuadro 1. Materiales genéticos en evaluación (tratamientos)

No.	VARIEDAD	Progenitor femenino	Progenitor masculino	Estrato de selección
1	CG09-11921	SP79-2233	CC85-92	Medio
2	CG09-17314	CP72-1312	CP87-1491	Medio
3	CGMex09-2641	CP73-1547	B47258	Medio
4	CG09-08835	SP79-2233	Q96/CP70-1133/CP57-603	Medio
5	CG09-13712	CP70-1133	CC82-15/C87-51	Medio
6	CG09-0539	PR1002	CP81-1384	Medio
7	CG09-0153	CP72-1312	CP70-1133	Medio
8	CG09-19749	CG96-01	Varios	Medio
9	CG09-22213	PR61-632	Varios	Medio
10	CG09-06215	CG97-97	CC85-92/CP92-1796	Medio
11	CG09-06020	SP79-2233	CP81-1779/CP89-1284/CP89-1431/PCG12-	Medio
12	CG09-09612	CG96-78	CP63-588/CP91-1779	Medio
13	CG09-133119	CC85-92	CP65-357/Mex79-431/GP57-603	Medio
14	CG09-1642	CP72-1312	Varios	Medio
15	CG09-09115	NA56-42	CP57-603/CP70-1133	Medio
16	CG09-2204	NA56-42	Varios	Medio
17	CG09-0271	CG97-97	V71-51	Medio
18	CG09-133138	CC85-92	CP65-357/Mex79-431/GP57-603	Medio
19	CG09-11926	SP79-2233	CC85-92	Medio
20	CG09-1148	L79-21	SP79-2233/CP72-2086	Litoral
21	CG09-25010	PR61-632	Varios	Litoral
22	Q75	?	?	Litoral
23	RB86-7515	?	?	Litoral
24	CG09-0594	Me79-431	CC85-92/CP57-603	Litoral
25	CG09-12229	CP73-1547	CP89-1288	Litoral
26	CG09-0153	CP72-1312	CP70-1133	Litoral
27	CG09-0546	NA56-42	Co270/B7306	Litoral
28	CG09-22213	PR61-632	Varios	Litoral
29	CPCL05-1159	?	?	Litoral
30	CG09-11979	SP79-2233	CC85-92	Litoral
31	CG08-1911	CG96-147	Varios	Litoral
32	CG08-05217	IJ76-521	B7306	Litoral
33	CG09-11973	SP79-2233	CC85-92	Litoral

Continuación Cuadro 1. Materiales genéticos en evaluación (tratamientos)

No.	VARIEDAD	Progenitor femenino	Progenitor masculino	Estrato de selección original
34	CP72-2086	CP62-374	CP63-588	
35	PR75-2002	PR65-2638	PR66-2314	(Solamente en el Retazo)
36	CG98-78	Tuc6819	CP57-603	
37	CG00-033	CG95-125	CP81-1384	(Solamente en San Luis)
38	CG03-104	CB46-47	CP57-603	(Solamente en San Luis)
39	CG00-102	CP63-588	Co421	(Solamente en San Luis)
40	CP73-1547	CP66-1043	CP56-63	
41	CG98-46	CP56-59	CP57-603	

Diseño Experimental

Bloques completos al azar (Montgomery, 1991), con cuatro repeticiones en el experimento de El Retazo y tres repeticiones en el experimento de San Luis.

Unidad Experimental

Para cada variedad en cada repetición se plantaron cuatro surcos de cinco metros de largo (más un surco muerto de separación), distanciados a 1.50 cm entre surcos en el experimento de El retazo (30 m²). En el experimento de la finca San Luis, se emplearon cinco surcos de diez metros de largo separados 1.50 m (75 m²).

Variables de Respuesta:

1. Toneladas métricas de caña por hectárea (TCH) (estimado).
2. Toneladas métricas de azúcar por hectárea (TAH) (estimado).
3. Fibra %
4. Pureza %
5. Corcho %
6. Refractometría en Precosecha % (Brix)

7. Pol%caña en precosecha (como una medida de la concentración aparente de sacarosa en la caña).

Todas las variables relacionadas con aspectos de extracción de azúcar en fábrica fueron determinadas a partir de muestras tomadas en precosecha, por los laboratorios de análisis agronómicos de CENGICANA y el ingenio La Unión.

Análisis de la Información: Se realizaron análisis de variación y pruebas de “F” (Montgomery, 1991) individuales para cada experimento. Al mismo tiempo se hizo un análisis para un modelo lineal mixto (Bates, 2010; Cnaan *et al.*, 1997) en un análisis combinado de los dos experimentos; lo anterior debido a las diferencias en el número de repeticiones y tamaños de las unidades experimentales; el modelo fue para un análisis combinado de ambos ensayos. Todos los análisis se realizaron en el programa de computadoras para estadística “R” (R Core Team, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Localidad: Finca El Retazo ingenio Magdalena

En el Cuadro 2, se observan los resúmenes de los resultados de algunas pruebas de F para 7 variables de respuesta. Se aprecia que se registraron diferencias estadísticas para las variables; pureza y Brix promedio. Las variables TCH y TAH presentaron valores que en rigor no presentan diferencias estadísticas ($\alpha=0.05$), sin embargo puede extraerse un buen nivel de diferenciación, puesto que los valores de probabilidad están muy cercanos al $\alpha=0.05$, por lo que para efectos de este informe, se considerará que sí se presentó diferencias estadísticas. No se registró evidencia de diferencias significativas para las variables corcho y fibra, por consiguiente, todos los genotipos, con respecto a estas variables se consideran iguales.

En términos de concentración aparente de sacarosa (Pol% caña) y de sólidos solubles (Brix), se hizo una comparación de promedios por LSD y en los resultados de dichas comparaciones (Cuadro 3), se advierte que existen varias variedades que alcanzan valores

altos de concentración y son comparables y en algunos casos superiores a los que presentan algunos testigos que comúnmente se cultivan para esta época de corte. En este sentido, las variedades CG09-09115, Q75, CG09-11979 y CG09-08835 se perfilan como las nuevas variedades “no florecedoras” que presentan los mejores valores entre ese grupo de nuevas variedades. En consecuencia es posible pensar que existen, de acuerdo a estas variables materiales genéticas con potencial de concentración de azúcar adecuada para el primer tercio de la zafra en Guatemala.

Cuadro 2. Resumen de las pruebas de F para cinco variables de respuesta. Localidad El Retazo

Variable	F	Prob >F	r ²	CV
TCH	6.11	0.0610	0.2331	20.55
TAH	3.54	0.0800	0.2556	22.58
FIBRA ($\sqrt{x+1}$)	0.57	0.9599	0.1635	5.169
CORCHO ($\sqrt{x+1}$)	0.92	0.5972	0.23	70
PUREZA ($\sqrt{x+1}$)	1.49	0.0662	0.31	1.10
BRIX ($\sqrt{x+1}$)	7.13	<0.0001	0.67	2.27
Pol%CAÑA ($\sqrt{x+1}$)	1.99	<0.0036	0.40	7.29

Cuadro 3. Valores de concentración de sacarosa y refractometría de las variedades en evaluación. Localidad El Retazo

trt	Medias pol%caña	LSD pol% caña	Medias Brix (%)	LSD promedio Brix
PR75-2002	16.98	a	22.25	a b c
CG09-09115	16.63	a	21	c d e f g h i j
CP88-1165	16.29	a	21.45	a b c d e f g h
Q75	16.24	a b	22.48	a b
CG09-12229	16.22	a b c	20.85	d e f g h i j k
CG98-46	16.19	a b c	21.8	a b c d e f
CG09-11979	16.07	a b c	22.1	a b c d e
CP73-1547	15.85	a b c	22.75	a
CG98-78	15.85	a b c d	21.65	a b c d e f g
CG09-08835	15.77	a b c d	20.6	f g h i j k l
CPCL05-1159	15.68	a b c d	21.8	a b c d e f
CG09-2204	15.63	b c d	20.68	f g h i j k l
CG08-05217	15.56	b c d	20.93	c d e f g h i j k
CG09-13712	15.48	b c d e	20.75	e f g h i j k l
CG09-133138	15.43	b c d e	19.6	k l m
CG09-0153	15.41	c d e	20.35	g h i j k l

(LSD $\alpha=0.05$, promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes).

Continuación Cuadro 3. Valores de concentración de sacarosa y refractometría de las variedades en evaluación. Localidad El Retazo

trt	Medias pol%caña	LSD pol% caña	Medias Brix %	LSD promedio Brix
CP72-2086	15.4	c d e	20.5	f g h i j k l
CG08-1911	15.31	c d e	20.18	h i j k l
CG09-22213	15.3	d e	20.59	f g h i j k l
CG09-0271	15.23	d e f	22.4	a b
CG09-133119	15.19	d e f	20.7	f g h i j k l
CG09-06020	15.17	d e f	21.25	b c d e f g h i
CG09-11973	15.15	d e f	21.2	b c d e f g h i
CG09-06215	15.02	d e f	21.18	b c d e f g h i
CG09-11921	14.83	d e f	21.48	a b c d e f g h
CG09-25010	14.81	d e f g	18.63	m n
CG09-17314	14.8	e f g	19.65	j k l m
CG09-19749	14.72	e f g	19.45	l m
CGMex09-2641	14.64	e f g h	22.13	a b c d
CG09-0539	14.57	f g h	19.9	i j k l m
CG09-09612	14.55	f g h	17.43	n
CG09-0594	14.52	f g h i	21.23	b c d e f g h i
CG09-1642	14.32	g h i	17.55	n
CG09-11926	14.09	h i j	21.7	a b c d e f
CG09-1148	13.76	i j	20.3	g h i j k l
CG09-0546	13.41	j	20.55	f g h i j k l

Se aprecia que un buen número de variedades no florecedoras presentan altos valores de Brix, comparables a los valores de la variedad CP73-1547. En este sentido se

notan opciones de variedades sin flor, con un buen potencial. Por otro lado, las diferencias entre las variedades en cuanto a la producción de biomasa, presenta un grupo con valores de TCH superiores a los testigos y en este apartado es claro que es posible contar con material genético con alto potencial de producción.

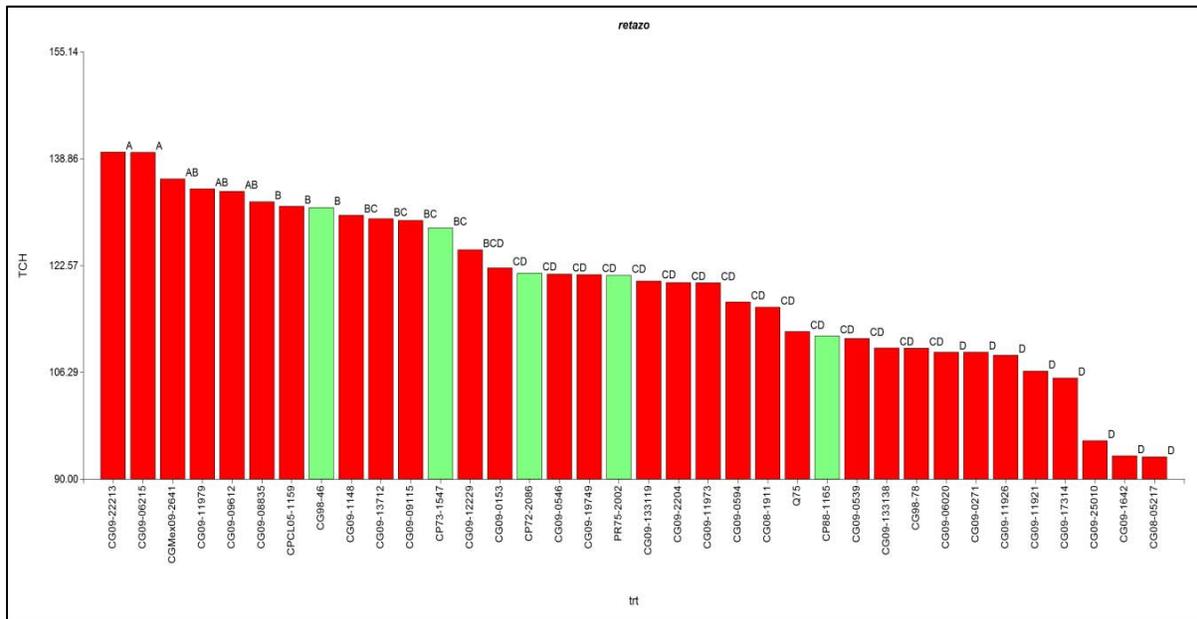


Figura 1. Producción de caña en Toneladas por Hectárea (TCH) (LSD $\alpha=0.05$, promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes).

En este grupo destacan las variedades CG09-22213, CG09-06215, CG09-11979, CG09-09612 y otras con buenas características de producción de caña, que son superiores al resto de variedades en particular al

mejor testigo (CG98-46) con respecto a la variable TCH. En general la buena producción de biomasa y los adecuados niveles de concentración de sacarosa se combinan para entregar variedades de caña de azúcar con un alto potencial productivo en términos de azúcar. Traducidos los valores anteriores en el indicador agronómico e industrial de producción de azúcar en toneladas de azúcar por hectárea, se aprecian, según el cuadro 3, los siguientes resultados.

Cuadro 3. Promedios de producción de azúcar por hectárea (TAH). Localidad: El Retazo

Variedad	Promedio TAH	LSD
CG09-11979	21.63	a
CG09-09115	21.63	a
CG09-22213	21.38	a
CG98-46	21.35	a
CG09-08835	20.93	a b
CPCL05-1159	20.85	a b
CG09-06215	20.83	a b
PR75-2002	20.66	a b
CP73-1547	20.32	a b
CG09-12229	20.26	a b c
CG09-13712	19.86	a b c d
CGMex09-2641	19.81	a b c d
CG09-09612	19.30	a b c d
CG09-0153	18.90	b c d
CG09-2204	18.82	b c d e
CP72-2086	18.65	b c d e
CG09-133119	18.36	b c d e
Q75	18.35	b c d e
CP88-1165	18.28	b c d e
CG09-11973	18.26	b c d e
CG09-1148	18.02	b c d
CG09-19749	17.87	b c d
CG08-1911	17.80	b c d
CG98-78	17.46	c d
CG09-133138	17.08	c d
CG09-0594	16.97	c d
CG09-0271	16.79	c d
CG09-06020	16.66	c d
CG09-0539	16.22	c d
CG09-0546	16.11	c d
CG09-17314	15.60	c d
CG09-11921	15.55	c d e
CG09-11926	15.26	d e
CG08-05217	14.54	e
CG09-25010	14.21	e

(LSD, $\alpha=0.05$, promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes).

...continuación.

La capacidad de producción de biomasa, combinada con un nivel apropiado de concentración de azúcar (en este caso se empleó Pol%caña) muestran que hay variedades no florecedoras que presentan valores de producción de azúcar superiores a las principales variedades que se cultivan para su cosecha en el primer tercio de cosecha, lo que las convierte en potenciales materiales genéticos para su explotación. En este sentido destacan las variedades CG09-11979, CG09-09115, CG09-22213, CG09-08835 y otras que estadísticamente son similares al mejor testigo en este aspecto, la variedad CG98-46 y CP73-1547.

Localidad: San Luis, Ingenio La Unión.

El Cuadro 4 muestra los principales resultados de las variables de interés en el experimento que se condujo en la finca San Luis del Ingenio La Unión. En este cuadro se observa que existen altas diferencias estadísticas en las variables de fibra y Brix mientras que para la variable pureza no se registraron diferencias. Lo anterior se explica porque en general todas las variedades que se evaluaron ya han sufrido un proceso de selección y en general todas han presentado buenos niveles de pureza en los experimentos previos en donde se evalúa exhaustivamente estos aspectos (Rosales-Longo, 2014).

Para la variable Brix se presentan altos niveles de diferenciación y está más relacionado con algunas de las variedades evaluadas, las

cuales arrojaron datos que son inferiores al resto de los materiales genéticos. Lo anterior se aprecia con más precisión en el cuadro 5.

Cuadro 4. Resumen de las pruebas de f para cinco variables de respuesta para el factor de estudio variedades

Variable	F	Prob >F	r ²	CV
Kg/TC	1.60	0.0440	0.57	11.67
TCH	4.23	0.07850	0.33	12.15
TAH	6.95	0.0835	0.33	15.32
FIBRA	4.82	<0.0001	0.67	3.15
PUREZA	1.19	0.2580	0.38	1.05
BRIX	4.42	<0.0001	0.66	2.46

Cuadro 5. Promedios de lecturas refractométricas (Brix) y Pol%caña. Localidad: San Luis.

Variedad	Medias Brix	LSD Brix	Medias Pol%caña pre cosecha	LSD pol% caña
CG09-11979	23.84	a	17.49	a
RB86-7515	23.6	ab	15.55	abc defgh
CGMex09-2641	23.52	ab	15.16	bc defghi
CG09-133119	23.47	abc	14.47	defghi
CP73-1547	23.06	abcd	16.7	ab
CG09-11921	22.92	abcd	16.54	abc
CP72-2086	22.96	abcd	15.91	abc defgh
CG09-1148	23	abcd	15.43	bc defgh
CG09-11973	22.87	abcde	15.13	bc defghi
CG00-102	22.47	abcdef	16.4	abcde
CG09-0153	22.52	abcdef	15.87	abc defgh
CG09-11926	22.6	abcdef	15.78	abc defgh
CG08-05217	22.09	abcdefg	16.5	abc
CPCL05-1159	22.27	abcdefg	16.5	abc
CG09-2204	22.36	abcdefg	16.18	abc def
CG08-1911	22.4	abcdefg	16.13	abc defg
CG98-78	22.24	abcdefg	15.72	abc defgh
CG00-033	22.18	abcdefg	14.81	bc defghi
CG09-09115	22.13	abcdefg	15.88	abc defgh
Q75	21.8	bc defg	16.01	abc defgh
CG09-133138	21.8	bc defg	15.86	abc defgh
CG09-22213	21.95	bc defg	15.2	bc defgh
CG09-0594	21.95	bc defg	15.08	bc defghi
CG09-0546	21.82	bc defg	14.41	fghi
CG09-06020	22.02	bc defg	14.73	bc defghi
CG09-12229	21.67	c defg	16.45	abcd
CG09-19749	21.64	defgh	14.88	bc defghi
CG09-06215	21.31	defghi	16.17	abc def
CG98-46	21.29	defghi	15.75	abc defgh
CG09-0271	21.09	efghi	16.46	abc
CG09-17314	20.87	fghij	14.1	hi
CG09-13712	20.64	ghij	14.77	bc defghi
CG09-0539	20.6	ghij	14.38	fghi
CG09-08835	19.85	hij	15.65	abc defgh
CG03-104	19.82	ij	14.43	efghi
CG09-1642	19.69	ijk	14.16	ghi
CG09-09612	19.12	jk	14.71	c defghi
CG09-25010	17.9	k	13.38	i

(LSD, $\alpha=0.05$, promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes).

Es importante señalar que las lecturas de Brix en este ensayo se realizaron en precosecha y luego de la aplicación de madurador. Se sigue del anterior cuadro, que las lecturas de Brix remarcan a los genotipos con altas lecturas de Brix (superiores a 21.80). Así se encuentran variedades como CG09-11979, CGMex09-2641, CG09-133119, CG09-1148 que son equiparables estadísticamente a la variedad con los más altos valores de Brix, la variedad CP73-1547 o la variedad CP72-2086. Por otro lado es notable que estas variedades sean de un valor alto de Brix, considerando su naturaleza de variedades “No Flor” cultivadas para su cosecha en el primer tercio de la zafra. No se conoce aún la curva de maduración natural de estas variedades, pero es claro que entregan buenos valores de Brix y Pol%caña y son correspondientes en una medida aceptable ($r=0.58$). Así pues se identificaron en estas variables, variedades de caña de azúcar con un buen potencial en cuanto a la concentración de sacarosa.

Para establecer cómo se traducen estos potenciales de concentración de sacarosa en la producción por unidad de área, se pueden observar los resultados de producción de biomasa y de azúcar por hectárea, en el Cuadro 6, se aprecia que las variedades no flor en estudio, presentan altos valores experimentales de producción de biomasa, lo cual, combinado con las propiedades de concentración de azúcar se traducen en los siguientes resultados.

Cuadro 6. Promedios de producción por hectárea de azúcar (TAH) y de caña (TCH)

VARIEDAD	MEDIA TCH	LSD TCH	MEDIA TAH	LSD TAH
CG09-2204	206.64	a	33.7	a
CP72-2086	190.11	a b	30.08	a
CG09-11926	189.81	a b	29.92	a
CG09-09115	189.3	a b c	30.11	a
CP73-1547	182.45	b c	30.66	a
CG09-11979	180.84	b c	31.65	a
CG00-033	193.23	a b	28.89	a b
CG98-46	186.88	a b c	29.42	a b
CG09-08835	185.67	a b c d	29.23	a b
Q75	182.65	b c	29.3	a b
CG08-1911	179.83	b c	29.11	a b
CG00-102	178.32	b c d	28.95	a b
CG09-12229	175.39	c d	28.94	a b
CG08-05217	173.58	c d	28.71	a b
CG09-0539	196.76	a b	28.29	b
CG09-09612	193.94	a b	28.52	b
CG09-0594	187.99	a b c	28.3	b
CG09-11921	172.17	c d	28.52	b
CG09-25010	205.03	a	27.41	b c
RB86-7515	179.63	b c	27.83	b c
CG98-78	175.69	c d	27.53	b c
CG09-06215	171.16	c d	27.59	b c
CG09-06020	183.27	b c	27.12	b c d
CGMex09-2641	177.91	cd	26.9	b c d
CG09-1148	176.3	c d	27.2	b c d
CG09-11973	172.87	c d	26.64	b c d
CG09-0153	168.03	d	26.68	b c d
CG09-0271	162.29	d e	26.74	b c d
CPCL05-1159	159.47	d e	26.32	b c d
CG09-17314	184.36	b c	25.95	c d
CG09-19749	176	cd	25.96	c d
CG09-13712	174.61	c d	25.78	c d
CG09-22213	168.13	d	25.64	c d
CG03-104	172.37	c d	24.83	d
CG09-1642	172.37	c d	24.47	d
CG09-0546	170.45	c d	24.64	d
CG09-133119	169.85	d	24.87	d
CG09-133138	130.23	e	20.69	d

(LSD, $\alpha=0.05$, promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes).

Se advierte en el Cuadro 6, que hay dos variedades en evaluación “no flor” con un buen nivel de producción experimental de biomasa (caña) y de azúcar, cuyos valores están por encima, si bien no estadísticamente diferentes, de los testigos empleados. En general las diferencias entre materiales no son tan grandes si se considera que éstas son variedades seleccionadas justamente por su buen desempeño en los estados anteriores de mejoramiento genético. En general se advierte que existe un número significativo de variedades no florecedoras que muestran un buen desempeño en este primer año de evaluación. Si bien es necesario continuar las evaluaciones, es un buen indicio de que se cuenta con variedades “no flor” con propiedades acordes a las necesidades de cosecha en el primer tercio de la zafra. En este sentido, es posible indicar de que se justifica el estudio de este tipo de variedades en condiciones de cosecha, en donde posiblemente no han alcanzado su máximo potencial de concentración de azúcar, pero que a pesar de ello muestran valores altamente competitivos con respecto a los testigos que se están empleando

en el desarrollo del presente estudio. Las variedades que podrían señalarse como sobresalientes en estos primeros resultados son: CG09-2204 CG09-11979 y CG09-09115.

ANÁLISIS COMBINADO

En el Cuadro 7, se aprecian los resultados para la prueba de hipótesis (F) para un modelo lineal mixto (*efectos fijos: Variedades; Efectos aleatorios: Localidades, Repeticiones y Loc*Rep*). El anterior análisis corresponde al análisis combinado de las dos localidades en estudio. De acuerdo a este estudio, se estableció que las producciones en el ensayo de San Luis fueron estadísticamente superiores en las variables de TCH y TAH a los que se observaron en la localidad de El Retazo (datos no mostrados).

En general se encontró diferencias significativas entre los genotipos en evaluación para todas las variables indicadas. La separación de estas diferencias se aprecian en el cuadro 8 , mediante una prueba de medias por LSD (Montgomery, 1991).

En este sentido, en el Cuadro 7, sin considerar a estas variedades, se aprecian los resultados del resto de genotipos en evaluación, donde destacan las siguientes variedades CG09-09612, CG09-2204, CG09-08835, CG09-09115, y CG09-11979, tanto en la producción de biomasa (caña) y de azúcar.

Cuadro 7. Resumen de las pruebas de f para cinco variables de respuesta de un análisis combinado para las dos localidades de un modelo lineal mixto

Variable	F	Prob >F	r ²	CV
Kg/TC	5.16	<0.0001	0.794	10.99
TCH	11.34	0.05	0.708	16.09
TAH	6.35	0.04	0.6713	18.63
PUREZA	1.71	0.0122	0.361	1.08
FIBRA	2.09	0.001	0.407	4.34

Cuadro 8. Valores promedio de TCH y TAH para un análisis combinado de los genotipos en evaluación

trt	Medias	Lsd TCH	Medias TAH	Lsd TAH
CG09-09612	159.62	a	23.25	b c d e f g
CG09-2204	157.12	a	25.2	a
CG98-46	155.18	a	24.81	a
CG09-08835	155.17	a	24.49	a
CG09-09115	155.1	a b	25.26	a b
CG09-11979	154.23	a b	25.92	a b
CGMex09-2641	153.84	ab c d	22.85	c d e f g
CG09-06215	153.26	b c d	23.73	a b
CG09-22213	151.98	b c d	23.21	b c
CP73-1547	151.5	b c d	24.75	a b c
CP72-2086	150.85	b c d	23.55	a b c
CG09-1148	149.99	b c d e	21.95	d e f g h
CG09-13712	148.95	b c d e	22.4	c d e
CG09-0539	148	c d e	21.39	e f g h
CG09-0594	147.44	c d e	21.83	d e f g h
CG09-12229	146.59	c d e	23.98	a b c
CG09-19749	144.68	d e f	21.34	e f g h
CG09-11926	143.58	d e f	21.55	d e f g h
CPCL05-1159	143.55	d e f g	23.19	c d e f g
CG08-1911	143.48	d e f g	22.65	c d e f g
CG09-25010	142.66	d e f g	19.87	f g h
CG09-11973	142.63	d e f g	21.85	d e f g h
Q75	142.57	d e f g	23.04	c d e f g
CG09-0546	142.36	d e f g	19.77	f g h
CG09-0153	141.85	d e f g h	22.23	d e f g h
CG09-133119	141.47	d e f g h	21.15	e f g h
CG09-06020	141.04	e f g h	21.14	e f g h
CG09-17314	139.25	e f g h	20.03	f g h
CG98-78	138.15	e f g h i	21.77	d e f g h
CG09-11921	134.63	f g h i	21.11	e f g h
CG09-0271	132.04	g h i j	21.05	e f g h
CG08-05217	127.77	h i j	20.61	f g h
CG09-1642	127.33	h i j k	18.13	h
PR75-2002	121.06	i j k	20.66	e f g h
CG09-133138	118.67	j k	18.63	g h
CP88-1165	111.84	k	18.28	g h

(LSD, $\alpha=0.05$, promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes).

Del anterior cuadro se destaca que las variedades CG09-2204, CG09-09115, CG09-1179 mantienen un buen nivel de desempeño en ambos ensayos, lo que en inicio presenta la posibilidad de contar con genotipos que puedan sostener su buen desempeño en el espacio y se espera que también en el tiempo. Estas variedades también mostraron un buen desempeño según los análisis individuales de cada experimento. De este análisis se desprende también que las variedades CG09-09612 y CG09-08835 también se constituyen en buenas opciones de cultivo puesto que presentan valores notables de desempeño en cuanto a la producción de biomasa y su potencial en producción de azúcar.

Hasta aquí solamente se han discutido los resultados directamente relacionados con el potencial de estas variedades en términos puramente productivos. Sin embargo, las variedades que han mostrado el mejor desempeño, como ya se indicó, también presentan las ventajas de que poseen apropiada resistencia genética a las principales enfermedades de la caña de azúcar (Ver anexo 1). En general se trata de variedades que no han mostrado en términos significativos, síntomas o signos de las enfermedades indicadas en el resumen que se presenta en el anexo 1.

Un aspecto importante de este trabajo es la naturaleza de las variedades en estudio: Variedades No Florecedoras.

Ninguna de las variedades en estudio mostró valores importantes de floración (ANEXO 2), por lo que en general estas variedades pueden ser consideradas como tal. En este sentido es importante señalar las principales ventajas de estas variedades con respecto a las que tradicionalmente se cultivan en (CP73-1547 y CP72-2086, últimamente también las variedades CG98-46 y CG00-102:

1. Tienden a producir más biomasa. La energía que se usa en la producción y mantenimiento de la flor se dedica a la producción de más biomasa en forma de tallos y hojas.
2. Al no producir flor, también se logra en buena medida la reducción de corcho (aunque no siempre es el caso) por lo que la ventana de cosecha de estas variedades es más amplia. Lo anterior permite aumentar el margen de maniobrabilidad tanto para el manejo como para la cosecha.
3. No es necesario el uso de inhibidores de la floración.
4. Se espera que el deterioro en campo de estas variedades sea de una tasa menor al que puedan presentar las variedades florecedoras. En todo caso este es un tema a investigar.

CONCLUSIONES

1. Las diferencias entre genotipos en evaluación, con respecto a las variables principales de respuesta, son función de los tratamientos evaluados (variedades).
2. Se reunió evidencia agronómica, estadísticas y de características industriales que indican que hay variedades “no florecedoras” que igualan y/o superan en productividad a las variedades “florecedoras”. Lo que plantea la posibilidad de encontrar nuevas opciones tecnológicas de variedades “no florecedoras” para el primer tercio de corte.
3. El desempeño agronómico e industrial de las variedades “no florecedoras” CG09-2204, CG09-09115, CG09-11979, CG09-09612, CG09-08835, principalmente, es satisfactorio y en varios aspectos, supera o iguala sin dificultad a las variedades florecedoras actualmente utilizadas para su cosecha en el primer tercio.
4. La naturaleza de bajas tasas de floración y bajos valores de formación de corcho, permite considerar las ventajas de estas variedades en términos de manejo costos con respecto a los genotipos “florecedores” actualmente en cultivo para el primer tercio de cosecha.

RECOMENDACIONES

1. Debido a que la duración de este proyecto es para tres años, se recomienda continuar estudiando estos genotipos en dos ciclos más para establecer temporalmente la estabilidad, en términos de las variables estudiadas, de los genotipos en evaluación.
2. Considerar los hallazgos del presente trabajo para la planificación de futuros trabajos de investigación en el campo del mejoramiento genético. En este sentido se recomienda iniciar nuevos ensayos con las variedades No Florecedoras de las series más recientes provenientes del Estado III de selección del programa de variedades de CENGICANA.
3. Considerar la posibilidad de iniciar incrementos de las variedades más sobresalientes en este estudio.

REFERENCIAS

1. Bates, D. 2010. lme4: Mixed-effects modeling with R. Springer. 145 p.
2. Cnaan, A; Laird, N; Slasor, P. (1997). Tutorial in biostatistics using the general linear mixed model to analyses unbalanced repeated measures and longitudinal data. *Statistics in Medicine*, 16:2349-2380.
3. Isik F. 2011. Generalized Linear Mixed Models An Introduction for Tree Breeders and Pathologists. Proceedings of the Fourth International Workshop on the Genetics of Host-Parasite Interactions in Forestry. Eugene, Oregon, USA.
4. Montgomery, D. 1991. Diseño y Análisis de Experimentos. Trad. J Delgado. México. Grupo Editorial Iberoamérica. 589 p.
5. Orozco, H; Quemé, J; Ovalle, W; Rosales-Longo, F. 2012a. Mejoramiento genético de la caña de azúcar. *In* El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Melgar, M; Meneses, A; Orozco, H; Pérez, O; Espinosa, R. Eds. Guatemala, CENGICANA. Artemis Edinter. p 45-79.
6. R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

ANEXO 1. Lecturas de afección por enfermedades Floración y otras características de las variedades evaluadas

variedad	% flor	Carbón	Esca- ldad	Mosai- co (0-	Roya Marró	Roya Marrón	Roya Nara	Roya Nara	Amari- llamie	Fibr- a %	Corc- ho %	Pure- za	Jugo %
CG08-05217	0	0	0	0	0	0	3	5	0	12.7	0.54	91.1	71.2
CG08-1911	0	0	0	0	0	0	0.5	5	0	12.6	0.57	91.7	71.6
CG09-0153	0	0	0	0	0	0	0.42	5	0	11.7	2.21	90.8	73.1
CG09-0271	0	0	2	1	0.5	5	0.53	5	0	12	9.1	91.4	72.7
CG09-0539	1.55	0	0.5	0	2	5	1	5	0	11.4	4.09	90.1	74.1
CG09-0546	1.54	0	0	1	0	0	0.1	5	1	11.5	9.1	88.2	74.1
CG09-0594	1.55	0	0	0	0	0	0.5	5	0	11.8	4.47	90.0	74.0
CG09-06020	2.2	0	0	0	0	0	0	0	3	11.2	1.18	91.0	74.0
CG09-06215	0	0	1.75	0	6	5	2	5	0	11.8	5	89.9	73.4
CG09-08835	0	0	0	0.5	0	0	2.4	5	0	10.6	6.94	91.8	74.7
CG09-09115	0	0	1.25	0	0	0	0.83	5	0	11.7	0.68	91.4	72.7
CG09-09612	0	0	0	0	0	0	0.66	5	0	11.4	16.0	89.3	73.6
CG09-1148	0	0	0	0	0	0	1.5	5	0	11.8	4.91	89.5	72.9
CG09-11921	0	0	2	0	0	0	0.35	5	0	11.3	0.58	91.7	74.4
CG09-11926	0	0	0	0	2	5	0.4	5	0	12.2	1.6	89.7	72.9
CG09-11973	0	0	0.5	0	0	0	0.3	5	0	11.9	16.4	90.3	73.2
CG09-11979	1.54	0	2.4	0	0.1	5	4	5	0	11.9	9.13	91.3	72.4
CG09-12229	4.81	0	0.5	0	4.25	5	1.25	5	1	11.7	8.07	91.9	73.0
CG09-133119	0	0	0.5	0	0	0	0.83	5	0	12.3	13.2	90.9	72.9
CG09-133138	3.44	0	1	0	0	0	0.5	5	0	11.3	10.8	90.8	74.0
CG09-13712	0	0	2	0	0.2	5	2.73	5	0	11.0	4.32	91.4	75.2
CG09-1642	0	0	0	0	3.4	5	0.5	5	0	11.3	3.04	89.7	74.3
CG09-17314	0	0	0.5	0	5.5	5	2.5	5	4	11.4	4.14	90.3	73.9
CG09-19749	2.2	0	0	2	4.67	5	5.5	5	0	11.3	2.53	91.3	74.0
CG09-2204	4.81	0	0	0	1	5	0.3	5	0	12.7	5.83	89.3	71.2
CG09-22213	0	0	2	0	0	0	0.3	5	0	12.2	7.79	91.0	73.1
CG09-25010	0	0	0	0	0	0	2.33	5	0	11.5	1.17	89.0	73.0
CG98-46	48.6	0	0.5	0	0.5	5	0.75	5	0	11.1	11.3	91.4	74.7
CG98-78	10	0	1.5	0	0	0	1	5	0	12.8	0	91.5	70.9
CGMex09-	0	0	0.5	0	1	5	10.8	5	2	13.8	8.53	88.3	70.9
CP72-2086	19.9	0	0	5.67	0	0	3.5	5	0	12.7	6.21	91.0	72.2
CP73-1547	33.9	0	1	3.5	0.5	5	2.17	5	0	11.9	14.8	90.8	72.8
CP88-1165	10.5	0	0	0	0	0	1	5	0	12.2	14.5	92.5	72.1
CPCL05-1159	0	0	1	0	0.2	5	0.35	5	0	13.1	0.64	90.3	70.6
PR75-2002	3.44	0	0	0	0	0	0	0	0	12.1	11.1	92.1	72.0
Q75	0	0	2.5	2	0	0	0.55	5	0	11.8	6.2	91.8	73.1
RB86-7515	sd	0	0	0	0	0	0.2	5	0	10.6	sd	89.8	75.5
CG00-033	sd	0	0.5	0	0	0	0.3	5	0	11.3	sd	90.2	73.8
CG00-102	sd	0	0	0	1	5	1.1	5	0	12.6	sd	91.6	71.6
CG03-104	sd	0	0	0	2	5	1	5	0	10.7	sd	89.0	75.3