

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE VARIETADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL ESTADO III DURANTE LA ZAFRA 2018-2019, EN GUATEMALA

Fredy Rosales-Longo¹; Salomón García²; Benjamín García³; Mynor Catalán³; Otto Portillo⁴; Edgar Solares⁵; Nery Valley⁵

¹Fitomejorador; ²Fitopatólogo, ³Técnicos Fitomejoradores CENGICAÑA; ⁴Ingenio Magdalena; ⁵Ingenio Pantaleón

RESUMEN

Se presentan los resultados sobre el estudio, evaluación y selección de variedades de caña de azúcar en el estado III del Programa de Variedades de CENGICAÑA para la zafra 2018-2019. Los objetivos de este trabajo fueron estudiar, evaluar y seleccionar genotipos de caña de azúcar en los experimentos del estado III. Se evaluaron 16 experimentos, divididos en experimentos de variedades con y sin flor (plantía y primera soca) tanto CG como variedades introducidas, en dos estratos altitudinales. Cada experimento se instaló en un diseño de bloques incompletos parcialmente balanceados. Las selecciones se realizaron mediante el uso de índices y evaluaciones de 12 caracteres. Se realizaron dos tipos de selección: genotipos para la conformación del estado III incremento para el próximo ciclo y genotipos en el estado III Incremento del ciclo previo para conformar la Prueba Regional respectiva. La información se trató mediante análisis de correlación, componentes principales, modelos lineales mixtos, índice de selección (BLUP), análisis de Rutas, de variables latentes y regresión lineal logística. Se evaluaron 1,592 variedades. Se encontró que la explicación de la variabilidad total se asocia a las variables relacionadas con el contenido de sacarosa, por lo que la selección fue dirigida en principio con este resultado. Debido a que se evaluaron variedades de la fracción superior, no se determinaron diferencias estadísticas entre éstas. Los análisis de componentes principales y de rutas establecieron el orden y jerarquía de las variables para el estudio de las diferentes variedades. El análisis de variables latentes no encontró un buen nivel de ajuste entre las variables explicativas y las latentes. Con los resultados de todos los estudios y el índice de selección, se identificaron 172 variedades para conformar el próximo estado III Incremento. 69 variedades fueron seleccionadas para establecer la 18ava Prueba regional de variedades con y sin flor.

ABSTRACT

Results about study, evaluation and selection of sugarcane varieties in the Stage III at the Guatemalan sugarcane breeding program are presented. Aims of this work were to study, evaluate and to select the outstanding sugarcane varieties at the Stage III trials. 16 trials were evaluated, divided according to its flowering pattern (flowering and non-flowering), cycle: cane-plant and 1st ratoon at two altitudinal levels, and finally divided according to its precedence CG's or foreign varieties. An incomplete block and partially balanced experimental design were used in all trials. Selection was driven by selection index (BLUP) and the evaluation of 12 traits. Two kind of selection were done: one to set the Stage III-Increase to the next season, and the final selection on the current Stage III Increase to conform the respective Regional Test. Information was used to done analysis of correlations, principal components, mixed models, BLUP, path and latent analyses, and linear logistical regression. 1,592 varieties were surveyed. It was found that, most of the variability among genotypes is explained mainly by the variables related to the sucrose content, initial selection was driven accordingly. Since varieties from the superior fraction were evaluated, no important statistical differences were detected. Principal component and Path analyses found the order and hierarchy of the studied variables, this also driven in part the BLUP computation. Latent variables analysis did not adjust sufficiently to explain the conformation of them. With the all analyses results, 172 varieties were identified to conform the next Stage III-Increase. 69 varieties were selected to stablish the 18th Regional Tests, with flowering and non-flowering genotypes.

INTRODUCCIÓN

Para la evaluación y selección de genotipos de caña de azúcar en el estado III de selección del Programa de Variedades de CENGICAÑA, en los últimos años, se hecho acopio de una serie de técnicas de evaluación de genotipos y análisis de la información colectada en el campo y el laboratorio con el fin de hacer el proceso más técnico y científico, pero, además, más eficiente (Rosales-Longo, *et al.*, 2018) (Rosales-Longo, 2017). El conocimiento de las causas de la variación de muchos de los caracteres, así como la dinámica de éstos, a través del tiempo y el espacio, ha permitido concentrar los esfuerzos de estudio y selección en un grupo prioritario de caracteres, lo cual a su vez permite hacer más eficientemente las labores de selección.

En el estado III de selección, se cuenta con experimentos instalados en un diseño experimental y con esto se puede hacer una aproximación inicial de la variación cuantitativa de los caracteres de importancia en caña de azúcar. Esto es de mucha importancia debido al alto nivel de interacción del cultivo con el ambiente (Quemé, Crossa, Orozco, & Melgar, 2007) (Rosales-Longo, 2017) (Zhou, Joshi, Maritz, & Koberstein, 2011). En este sentido, en el estado III de selección se inicia el estudio más formalmente, de los genotipos y su variación en un ambiente relativamente reducido. Los genotipos seleccionados deben ser acompañados de una buena cantidad de información de tal manera que sea posible predecir, aunque sea en una mínima proporción, su desempeño agronómico según las condiciones de cultivo y con esto tener mejores herramientas para realizar la selección correspondiente.

Se presentan los resultados de la evaluación y selección de genotipos de caña de azúcar en el estado III de selección para el período de zafra 2018-2019.

OBJETIVOS

1. Presentar y discutir los hallazgos del estudio en los diferentes experimentos sobre evaluación y selección de variedades de caña de azúcar del estado III del Programa de Variedades de CENGICAÑA.
2. Documentar la selección de genotipos de caña de azúcar en el estado III.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esquema de selección. Debido a que el Programa de Variedades de CENGICAÑA (Orozco, Quemé, Ovalle, & Rosales-Longo, 2012), elige materiales CG y variedades introducidas según su patrón de floración, en dos localidades, se utilizaron cuatro ensayos para una misma serie CG. Se cuenta con dos series CG para selección en un mismo año, un ensayo en plantía y otro en primera soca. Además, se cuenta con ensayos de variedades introducidas, juntos, representan 16 experimentos, al que se suman cuatro ensayos de variedades en incremento. Estos experimentos, para una sola serie, plantía o soca, se plantan en el siguiente esquema:

1. Estrato medio variedades “con flor”
2. Estrato medio variedades “sin flor”
3. Estrato litoral variedades “con flor”
4. Estrato litoral variedades “sin flor”
5. Estrato medio variedades introducidas “con flor”
6. Estrato medio variedades introducidas “sin flor”
7. Estrato litoral variedades introducidas “con flor”
8. Estrato litoral variedades introducidas “sin flor”

Además se contó con cuatro experimentos de variedades en incremento, para el establecimiento de la 17ava prueba regional. Estos se conducen únicamente en el ciclo de plantía.

1. Estrato medio variedades “con flor”, incremento.
2. Estrato medio variedades “sin flor”, incremento.
3. Estrato litoral variedades “con flor”, incremento
4. Estrato litoral variedades “sin flor”, incremento.

Localización

Cuadro 1. Localización de los ensayos, número de materiales por ensayo y los testigos empleados en cada experimento del Estado III zafra 2018-2019

No.	Ingenio	Localidad (Finca)	Altitud msnm	Experimento.	No. De genotipos	Testigos
1	Pantaleón	San Bonifacio (Las Casas)	253	Estado III con flor 1 soca, serie CG14	102	(CG00-102, CP73-1547) CP72-2086,
2	Pantaleón	San Bonifacio (Terranova)	216	Estado III sin flor 1 soca serie CG14	88	(CP72-2086, CG00-033) CG02-163,
3	Pantaleón	San Bonifacio (La Máquina)	234	Estado III con flor plantía, serie CG15	114	(CP72-2086, CP73-1547, CG00-102, CG98-46)
4	Pantaleón	El Bálsamo (El Seis)	244	Estado III sin flor plantía, serie CG15	97	(CP72-2086, CG04-10295) CG98-46,
5	Pantaleón	El Bálsamo (Peñitas)	172	Estado III Variedades introducidas (con flor y sin flor) 1 soca.	57	CP72-2086
6	Pantaleón	San Bonifacio (La Máquina)	227	Estado III Variedades introducidas (con flor y sin flor) plantía.	117	CP72-2086
7	Pantaleón	San Bonifacio (La Máquina)	237	Estado III Variedades con flor incremento (series CG14 e introducidas)	51	(CP72-2086, CP73-1547, CG04-10295, CG98-46)
8	Pantaleón	San Bonifacio (Terranova)	218	Estado III Variedades sin flor incremento (series CG14 e introducidas)	44	(CP72-2086,CG02-163)
9	Magdalena	El Retazo	16	Estado III con flor plantía, serie CG15	81	(CP72-2086, CG02-163, CP73-1547, CG00-102, CG98-78)
10	Magdalena	El retazo	16	Estado III sin flor plantía serie CG15	130	(CP72-2086, RB84-5210, CG98-78,G02-163)
11	Magdalena	El Retazo	16	Estado III con flor 1 soca, serie CG14	119	(CP72-2086, CP73-1547, CG00-102, CG98-46)
12	Magdalena	El Retazo	16	Estado III sin flor 1 soca, serie CG14	140	(CP72-2086, CG98-78, CG00-033)
13	Magdalena	El Retazo	16	Estado III Variedades introducidas (con flor y sin flor) plantía.	161	(CP72-2086,SP83-2847, RB84-5210, CG9878, CP73-1547, CG00-102, CG02-163)

No.	Ingenio	Localidad (Finca)	Altitud msnm	Experimento.	No. De genotipos	Testigos
14	Magdalena	El Retazo	16	Estado III Variedades introducidas (con flor y sin flor) 1 soca.	61	(CP72-2086, CG98-78)
15	Magdalena	El Retazo	16	Estado III Variedades con flor incremento (series CG13, CG14 e introducidas)	53	(CP72-2086, CP73-1547)
16	Magdalena	El Retazo	16	Estado III Variedades sin flor incremento (series CG14 e introducidas).	77	(CP72-02086, CG98-78, CG00-033)
Total					1592	

msnm=metros sobre el nivel del mar.

Los ensayos de variedades introducidas se muestran unidos en un solo ensayo, aunque su evaluación se realiza según el patrón de floración, por separado, en épocas diferentes.

Las condiciones meteorológicas de las zonas de estudio se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características meteorológicas promedio por día de los sitios en el período de crecimiento y evaluación, del 01/01/2018 al 23/07/2019. Estadísticos por día excepto “Suma”

Estación meteorológica	Variable	Media	D.E.	Mín	Máx	Mediana	Suma
El Bálsamo (Estrato Medio)	Temperatura °C	25.8	4.09	15.7	37.6	24.5	NA
	Radiación watts m ⁻² (miles)	0.206	0.293	0	1.109	0.004	11255.4
	Humedad relativa %	88.05	15.39	29	100	99	NA
	Precipitación mm	0.073	0.808	0	33.2	0	3983.8
San Antonio El Valle (Estrato Litoral)	Temperatura °C	27.083	4.41	15.8	37.1	25.7	NA
	Radiación watts m ⁻² (miles)	0.226	0.305	0	1.109	0.0086	12386.0
	Humedad relativa %	88.68	14.82	38	100	100	NA
	Precipitación mm	0.030	0.475	0	26.6	0	1,619

Fuente: Red de Estaciones Meteorológicas de la Agroindustria Azucarera Guatemalteca, Administrada por el Instituto Privado de Investigación en Cambio Climático, (ICC, 2011-2019) NA=No Aplica. D.E=Desviación Estándar; Min= Valor mínimo; Max=Valor máximo.

Ámbito institucional. Los experimentos del estado III fueron conducidos por el Programa de Variedades de CENGICAÑA juntamente con los departamentos de investigación de los ingenios Pantaleón y Magdalena, para los estratos medio y litoral respectivamente.

Material vegetal. Los experimentos fueron integrados por 1,592 variedades de caña de azúcar, generadas por CENGICAÑA o introducidas por CENGICAÑA. Las variedades de la serie CG14 fueron seleccionadas originalmente en el ciclo de primera soca del estado II respectivo, se evaluaron en los ensayos correspondientes del estado III en primera soca, en tanto que las variedades de la serie CG15 seleccionadas en el ciclo de 1 soca del estado II respectivo, fueron evaluadas en los experimentos del estado III en la etapa de plantía. Se ubicaron testigos en cada experimento según su patrón de floración, el detalle de la distribución de los genotipos y los testigos correspondientes por ensayo se presenta en el Cuadro 1.

Variables de Respuesta y Criterios de Selección.

1. **Aspecto de planta.** esta variable se mide mediante una escala (1 a 9), donde 1 es muy malo y 9 es muy bueno. Esta escala considera en su determinación los componentes de población, altura y diámetro, resistencia a enfermedades y plagas y Brix precosecha. Sirve para dar una valoración general a la apariencia visual del material genético y es una guía general para la selección.
2. **Reacción a enfermedades.** Se da importancia a las enfermedades: **Carbón** -*Sporisorium scitamineum* (Syd.) Piepeming. = *Ustilago scitaminea* H. Syd. & P. Syd. **Escaldadura foliar** *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson. **Virus del Mosaico** SCMV (Sugar Cane Mosaic Virus), SrMv (Sorghum mosaic virus), MDMV (Maize dwarf mosaic virus), JGMV (Johnson grass mosaic virus). **Roya Marrón** *Puccinia melanocephala* H. Syd. & P. Syd. **Roya Naranja** *Puccinia kuehnii* (Kruger) Butler. Amarillamiento foliar: **Sugarcane Yellow leaf virus (ScYLV)**. **Caña seca:** *Cephalosporium sacchari* Butl. = *Fusarium sacchari* Gams. Las evaluaciones de estas enfermedades se realizaron de acuerdo a las escalas y valoraciones rutinarias en CENGICAÑA (Ovalle, 2012). Adicionalmente, se considera la presencia de otras enfermedades como, Raya roja, Manchas púrpura y amarilla, así como otras enfermedades de importancia secundaria relativa (Ovalle, 2012). Se evaluaron las enfermedades en dos épocas, a los cinco y a los diez meses después de plantar o después del primer corte, según sea el caso.
3. Altura promedio de la planta en metros (m) * (alt2)
4. Diámetro promedio de las plantas en milímetros (mm) * (diam2)
5. Población de tallos molederos en la unidad experimental y por metro lineal. No. De tallos* (pop2)
6. Peso de cinco tallos k (peso5)*
7. Peso promedio de un tallo (peso1)
8. TCH estimado (toneladas de caña por hectárea) (tch)
9. Pol% caña. Medida de la estimación de la concentración de azúcar en los tallos de la planta mediante el procedimiento de polarización (%)* (pol)
10. Brix Precosecha (%). Muestra compuesta de tres tallos en el campo en precosecha (de diez a 12 meses)* (brix)
11. Brix del jugo de la muestra en precosecha (%)* (brixjugo)
12. Pureza del jugo de la muestra en precosecha (%)* (purity)
13. TAH estimado (toneladas de azúcar por hectárea). Derivada de la estimación del TCH y la concentración de azúcar (Pol% caña) medida en pre-cosecha (tah)
14. Presencia de flor (%)* (flor)
15. Presencia de corcho (%)* (corcho)
16. Oquedad (%)* (oque2 y oque3)
17. Fibra (%)* (fibra)

*Estas variables fueron utilizadas para los análisis de componentes principales y de *path analysis*

Se seleccionaron los genotipos que cumplen con las mejores características compiladas por las mejores lecturas de las variables de respuesta arriba mencionadas. En general, debe superarse o igualarse en varias características a las variedades que se han fijado como testigos, según el listado presentado arriba. Adicionalmente deben mostrar mejores resultados comparativos, según análisis de variación para modelos mixtos (Bates, 2014), de promedios (Montgomery, 1991) y BLUP (Piepho, 2008).

Diseño experimental: Alfa-Látice con dos repeticiones.

El modelo lineal se presenta en la Ecuación 1.

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \delta_{jk} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

Donde, Y_{ijk} es la variable de respuesta y μ , τ , γ , δ y ε , corresponden a los efectos de los términos de la media general, los tratamientos, las repeticiones, los bloques incompletos y el error, respectivamente, en los niveles respectivos de cada término: 1... i genotipos; 1... j repeticiones; y 1... k bloques incompletos), según cada experimento evaluado.

Distribución en el campo. Se plantaron dos repeticiones de cada material genético por ensayo en unidades experimentales que constaron de cuatro surcos, de cinco metros de largo cada surco. Cada repetición contó con bloques incompletos, los cuales variaron en número según cada experimento. En los experimentos de variedades introducidas en el estrato litoral solamente se sembró una repetición con tres surcos de 10 metros de largo.

Análisis de la información. Se realizaron análisis de frecuencias y de correlaciones, Pruebas de “F” para modelos lineales mixtos (Bates, 2014), separación de promedios por “DMS” y de Ji cuadrado (Montgomery, 1991). Para los modelos lineales mixtos, se consideró al factor *variedades* como efecto fijo y a los factores *repeticiones* y *bloques incompletos* como efectos aleatorios, esto debido a que, por costos y tiempo, se realizó una preselección de genotipos según impresión general, Brix y enfermedades. De tal suerte que los bloques incompletos contaron con diferente número de unidades experimentales en el mismo experimento. Se realizaron análisis de Componentes Principales (Jolliffe, 2002); Path Analysis y de Variables Latentes (Rosseel, 2012). Todos los análisis fueron realizados con el programa para análisis estadístico R (R Core Team, 2019), mediante la aplicación de varios paquetes de análisis estadísticos.

Selección. Se hizo una valoración inicial del aspecto de planta y Brix en el campo. Aquellos genotipos que presentaron un buen nivel de valoración (igual o superior a 5 en la escala), fueron sujetos a una evaluación sobre su reacción a las principales enfermedades. Las variedades que presentaron buenos niveles de reacción a las enfermedades fueron sujetas a mediciones más exhaustivas como el número de tallos, altura, diámetro, corcho, TCH, Pol% caña, TAH y otras. Al final aquellos materiales que presentaron un buen nivel de desempeño, según los análisis estadísticos y de inspección correspondientes, en términos de producción de biomasa y azúcar, así como otras variables, fueron seleccionados para pasar a formar parte del estado III incremento, donde serán sujetos de evaluación en el próximo ciclo. Los genotipos que presentaron consistencia en su desempeño en los ensayos del estado III-incremento, con respecto a las evaluaciones de años anteriores, fueron elegidos para formar parte de la Prueba Regional correspondiente.

Las variedades seleccionadas para estado IV fueron entregadas a los técnicos de los ingenios colaboradores mediante la realización de dos giras de reconocimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Correlaciones

Similar a los de otros años (Rosales-Longo, *et al.*, 2018), se encontraron correlaciones importantes para cierto grupo de variables. De estas correlaciones es importante rescatar la relación entre el Brix medido en el campo y los valores presentados para una muestra de jugo en el laboratorio. El Brix del campo contra el Pol%caña presentó un buen nivel de correlación ($r=0.48$; $\text{Prob}>F=<0.00001$) así mismo el Brix del campo presentó también un nivel relativamente bueno de correlación con el Brix medido en el laboratorio ($r=0.50$;

Prob>F=<0.00001). En este sentido, se sigue, al igual que en otros años, el Brix medido en el campo es un buen indicador temprano e *in situ* para establecer la calidad de los genotipos con relación a su contenido de sacarosa. Otras relaciones importantes fueron las que se dieron entre variables relacionadas con la acumulación de biomasa: el peso de un tallo tiene una relación intermedia con el diámetro promedio de un tallo ($r=0.54$; Prob>F=<0.00001) y con el porcentaje de jugo en una muestra ($r=0.17$; Prob>F=<0.00001). Por otro lado, la altura también influye en el peso de un tallo ($r=0.32$; Prob>F=<0.00001). La altura y el diámetro no están correlacionadas ($r=0.05$; Prob>F=0.32). El corcho está negativamente correlacionado en forma intermedia con el porcentaje de floración de los genotipos ($r=-0.45$; Prob>F=<0.00001). La población está negativamente correlacionada con el diámetro de un tallo ($r=-0.33$; Prob>F=<0.00001). De lo anterior se puede inferir que es relativamente complicado encontrar variedades con altos valores de población y buenos peso por tallo. Sin embargo, existen excepciones importantes como la variedad CGMex10-26315 y la variedad CG14-2848, las cuales presentan altos valores de población y altos valores de peso. En este sentido, es importante ser cuidadosos para advertir la presencia de estos materiales y no generalizar mucho sobre sus relaciones, con el fin de evitar la pérdida de estos materiales de alto valor potencial. Las variables relacionadas con el azúcar y las que se relacionan con la biomasa no están correlacionadas, esto se verá con más detalle en los siguientes análisis.

Componentes Principales

El resumen de un análisis de componentes principales puede apreciarse en la Figura 1. En la Figura 1 se muestra que la Componente Principal 1 está dominado principalmente por las variables relacionados con la concentración de azúcar (pol, Brixjugo, Brix, pureza, fibra) y la Componente Principal 2 por las variables relacionadas con la acumulación de biomasa (diam2, peso5 pop2, fibra y jugo). La componente Principal 3 está influenciado principalmente por las variables que tienen que ver con la calidad interna de los tallos y por una variable relacionada con la biomasa (flor, altura, corcho y peso5). En estos experimentos se encontró que la oquedad no es un factor importante para caracterizar genotipos. Sin embargo, en otros trabajos se ha encontrado una participación importante (Rosales-Longo, 2017), por lo que es importante continuar estudiando este carácter.

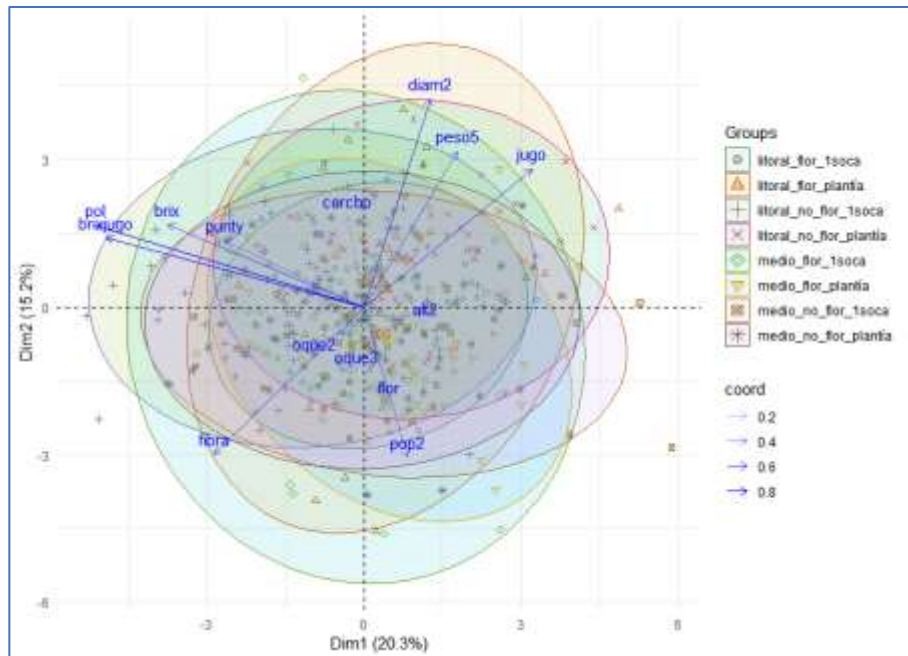


Figura 1. Vectores Propios (Eigenvectors) para Dos componentes Principales (Dim1=CP1 y Dim2=CP2), todos los experimentos CG's

De lo anterior se desprende que las variables relacionadas con el contenido de sacarosa son las que mejor explican la variabilidad encontrada, seguidas por las variables relacionadas con la biomasa y luego por aquellas relacionadas con la calidad interna del tallo, en particular el corcho y la presencia de flor, variable que, por otro lado, tienen un valor intermedio de correlación ($r=-0.45$; $\text{Prob}>F = <0.00001$). La varianza total de todos los experimentos fue de 14.00. Las primeras tres componentes principales explicaron el 47.26 por ciento del total de la variabilidad. Las variables relacionadas con el azúcar explican el 20.3 por ciento del total de esa variabilidad y las variables relacionadas con la acumulación de biomasa explican el 15.2 por ciento.

Modelos Lineales Mixtos

Al considerar los datos arrojados por los componentes principales y los análisis de correlación se sigue que el contenido de sacarosa es la variable más importante en la evaluación de genotipos de caña de azúcar, seguido de la producción de biomasa. Al combinar estas dos variables en una, puede usarse el TAH como un elemento que pueda combinar ambos tipos de variables, tal como se hace comúnmente en los estudios en caña de azúcar (Orozco, Quemé, Ovalle, & Rosales-Longo, 2012). Se realizó un análisis para un modelo lineal mixto en donde los componentes aleatorios del modelo de la ecuación 1 fueron las repeticiones y la interacción de los bloques incompletos anidados en las repeticiones. El término fijo fue el relacionado con los materiales genéticos. El análisis arrojó los resultados presentados en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Resumen de análisis de variación para siete experimentos de variedades CG para un modelo lineal mixto, factor fijo: Variedades

ensayo	F value	Pr(>F)	Significación estadística
Litoral con flor 1 soca	2.1055	0.1772	
Litoral con flor plantía	3.4066	0.252	
Litoral sin flor 1 soca	1.8657	0.1276	
Litoral sin flor plantía	1.4742	0.2498	
Medio con flor plantía	12.204	0.07849	.
Medio con flor 1 soca	Solo tuvo una repetición. No pudo analizarse.		
Medio sin flor 1 soca	2.2597	0.07485	.
Medio sin flor plantía	2.6197	0.3156	

Códigos para las Significaciones: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1

De los siete experimentos analizados, solamente dos (medio con flor plantía y medio sin flor 1 soca) presentaron significaciones estadísticas entre el 0.05 y 0.1 de probabilidad. Los promedios de tah se presentan en el Cuadro 3.

Índice de Selección

Debido a que no todos los experimentos mostraron diferencias estadísticas para la variable TAH, se procedió a realizar la valoración genética de los materiales en evaluación mediante el uso del *mejor estimador lineal insesgado* (BLUP en inglés) para, juntamente con el resto de valores para las distintas variables evaluadas, tomar la decisión sobre cuáles genotipos pasarán a formar el próximo estado III incremento así como cuáles variedades pasarán a formar parte de la 18ava prueba regional, donde correspondió, tanto de variedades florecedoras como no florecedoras. En el Cuadro 4 se agregan los valores de BLUP. Se presentan dos de los siete experimentos analizados.

Cuadro 4. Promedios de tah y BLUP's para dos experimentos para la ordenación y selección de genotipos de caña de azúcar

Medio con flor plantía				medio sin flor 1 soca			
genotipo	tah	BLUP	Grupos DMS	genotipo	tah	BLUP	Grupos DMS
CP73-1547	35.3	3.067	a	CG14-11080	28.05	7.154	a
CG15-111	34.1	1.718	ab	CG14-10105	25.4	5.363	ab
CP72-2086	27.25	1.204	ab	CG14-11298	24.5	3.648	abc
CG15-59	28.8	0.927	ab	CG14-6117	23.4	3.030	abcd
CG15-56	27.3	0.744	ab	CG14-11153	21.9	2.304	abcde
CG15-69	25.2	0.707	ab	CG14-6029	21.7	2.128	abcde
CGB15-110	26.8	0.596	ab	CG14-7536	20	1.579	bcdef
CG15-101	27.1	0.526	ab	CG14-7739	19.45	1.284	bcdef
CG15-88	25.2	0.399	ab	CG14-5772	20.2	1.181	abcdef
CG15-66	24.8	0.332	ab	CG14-9858	19.5	1.022	bcdef
CG15-25	23.35	0.291	ab	CG14-7597	18.9	0.697	bcdefg
CG15-33	24.1	0.288	ab	CG14-7435	18.45	0.522	cdefg
CG15-104	23.8	0.254	ab	CG14-4216	18.5	0.494	bcdefg
CG15-45	24	0.220	ab	CG14-11105	18.1	0.349	cdefg
CG15-78	21.9	0.179	ab	CG14-8004	18.4	0.342	cdefg
CG15-58	22.8	0.141	ab	CG14-4331	17.9	0.244	cdefg
CG15-99	21.1	-0.158	ab	CG14-10710	17.75	0.173	cdefg
CGMex15-46	20.9	-0.247	ab	CG14-7302	17.7	0.042	cdefg
CG15-4	19.9	-0.290	ab	CG02-163	17.8	-0.002	cdefg
CG15-93	18.3	-0.356	ab	CG14-6589	17.7	-0.033	cdefg
CG15-49	19.6	-0.379	ab	CG14-MS#598	17.5	-0.208	cdefg
CG15-84	19.1	-0.409	ab	CG14-10692	17.1	-0.264	cdefg
CG15-48	17.8	-0.430	ab	CG14-6892	16.1	-0.673	cdefg
CG15-42	18.2	-0.463	ab	CG14-10698	16.1	-1.057	cdefg
CG15-24	20.1	-0.477	ab	CG14-10223	15.4	-1.277	cdefg
CG15-37	17.4	-0.490	ab	CG14-11318	15.2	-1.314	cdefg
CG15-32	17.5	-0.567	ab	CG14-10035	14.6	-1.617	defg
CG15-112	17.8	-0.572	ab	CG14-11756	14.1	-1.918	efg
CG15-21	19.75	-0.582	ab	CG00-033	14.55	-2.211	efg
CG15-20	18.1	-0.624	ab	CP72-2086	14.15	-2.328	efg
CG15-63	15.4	-0.787	b	CG14-11228	13	-2.351	efg
CG15-80	16	-0.814	ab	CG14-7367	13.65	-2.774	efg
CG15-17	15.4	-1.062	b	CG14-9974	11.4	-3.137	fg
CG00-102	17.7	-1.325	ab	CG14-7377	11.5	-3.209	fg
CG98-46	15.6	-1.564	b	CG14-11564	11.5	-3.233	fg
				CG14-9865	9.9	-3.949	g

DMS= Diferencia Mínima Significativa.

Se aprecia que las diferenciaciones en el experimento medio con flor plantía son relativamente escasas, al menos estadísticamente. En tanto que el otro experimento, si presentó un mayor detalle de las diferencias entre genotipos. En general, en el estado III las diferencias entre genotipos para la mayoría de variables es relativamente baja. Esto puede explicarse desde el punto de vista de que las variedades que se comparan han sido pre-seleccionadas por su apariencia general y valores de Brix. En este sentido, se están comparando variedades de la fracción superior con alto potencial productivo, por lo que su diferenciación por una separación de medias es relativamente poco eficiente. Para resolver este problema se utilizó el BLUP y la competencia del fitomejorador para la toma final de decisión sobre cuáles genotipos pasan a la siguiente instancia de mejoramiento, el estado III Incremento o su paso a evaluaciones en las pruebas regionales.

En general, se aprecia en el Cuadro 3 que se cuenta con un buen número de genotipos para ser incluidos en el siguiente proceso que es el estado III incremento. En la sección de “Selección” se abordará este tema nuevamente.

Análisis de Rutas y de Variables Latentes

Como parte de la mejora de los procesos de evaluación y selección en el estado III se desarrolló, con los datos de todos los experimentos evaluados en la zafra 2018-2019, dos tipos de nuevos análisis que buscan mejorar el conocimiento y dinámica de expresión fenotípica de los materiales genéticos de caña de azúcar generados por CENGICAÑA. Estos dos análisis son el Análisis de rutas (Path Analysis) (Pérez, Medrano, & Sánchez-Rosas, 2013) y el Análisis de Variables Latentes (Borsboom, Mellenbergh, & van Heerden, 2003).

Se sabe que la caña de azúcar tiene un alto nivel de heterocigocidad, debido, principalmente, a su condición poliploide y aneuploide (Butterfield, D'Hont, & Berding, 2001). Estas condiciones en la especie, que es una especie artificial y domesticada, inducen un alto nivel de diferenciación fenotípica (plasticidad fenotípica) (Whitman & Agrawal, 2009), lo que obliga a desarrollar genotipos según ambiente, lo anterior permite ubicar variedades en las localidades donde mejor pueden desempeñarse. Es por esa razón que el mejoramiento genético en caña de azúcar debe realizarse *in situ*, tanto como los recursos lo permitan. Debido a que las selecciones en el estado II es diferencial, los experimentos del estado III, también lo son. En este sentido, es difícil realizar observaciones de los materiales en más de una localidad, principalmente por la limitación de la cantidad de semilla. Una forma de resolver en parte este problema es mediante el uso de datos longitudinales (series en el tiempo) que permiten observar el desempeño de los genotipos en diferentes ciclos de evaluación. Con lo anterior, además es importante conocer cuál podría ser el aporte relativo de cada variable de evaluación, en una evaluación general de un material de caña de azúcar. Los análisis de rutas y de variables latentes, ayudan a generar dichos ponderadores, lo que permite establecer la jerarquía e importancia de cada carácter al momento de realizar la evaluación de un genotipo en particular.

De acuerdo con los análisis de regresiones y de componentes principales se diseñó un diagrama de rutas, a partir del cual se establecieron dos conjuntos de funciones hipotéticas, también llamado Modelo Estructural de Ecuaciones (SEM, en inglés), uno para el análisis de rutas y otro para el análisis de variables latentes.

En la Figura 2 se presentan el resumen de los resultados del análisis de rutas. En esta figura se aprecia que el análisis de rutas es complejo, debido al alto número de variables en estudio.

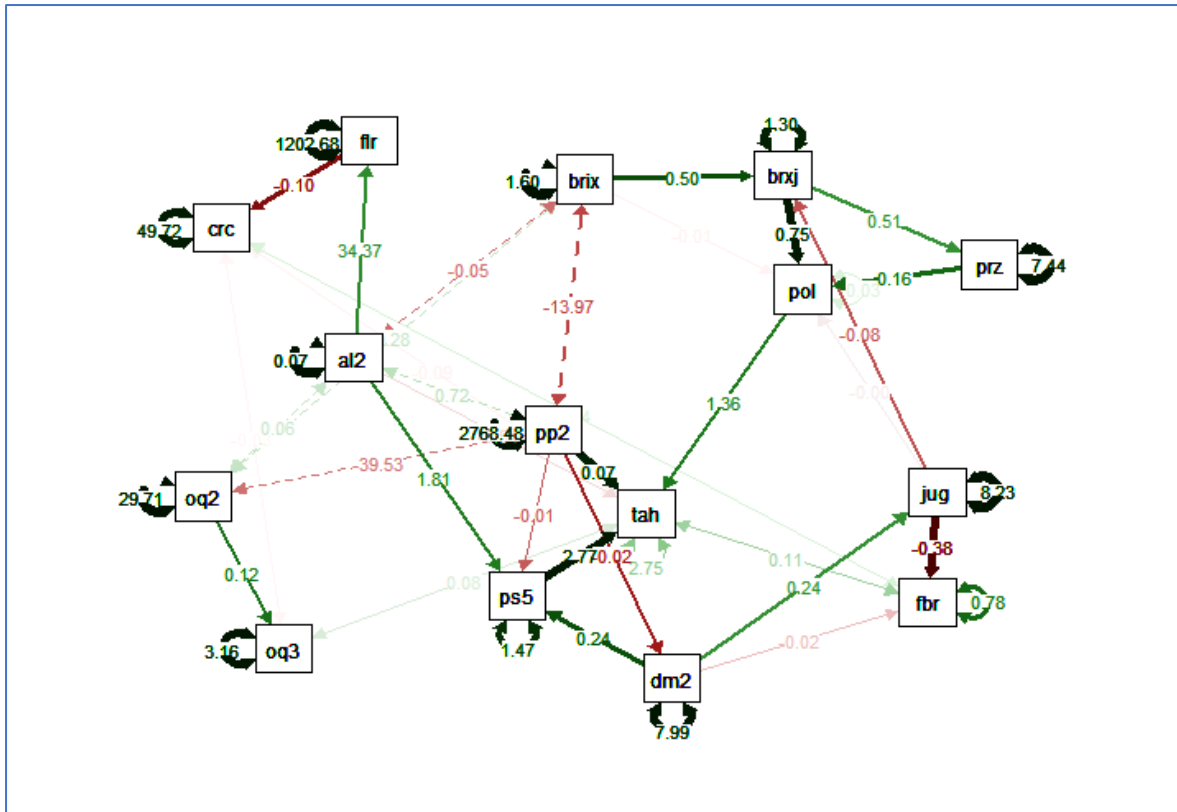


Figura 2. Diagrama de rutas y los coeficientes para un modelo estructurado de ecuaciones

En un análisis de rutas se establecen las variables endógenas (dependientes) y las exógenas (usualmente explicativas o independientes). Para el presente caso, las variables exógenas fueron oque2, brix, pop2 y alt2, el resto fueron variables endógenas. En general el ajuste del conjunto de modelos puede considerarse como bueno, según varios indicadores de ajuste (CFI=0.984; TLI=0.978 y SRMR=0.06), estos valores alcanzan o superan los estándares para cada indicador (Hu & Bentler, 1999). En el Cuadro 5 se pueden observar las ecuaciones correspondientes con los coeficientes respectivos, se observa que los modelos con mejor ajuste individual fueron el 5 (pol), 10 (fibra) y 11 (tah). Esto relacionado con los bajos valores de los residuos. Lo contrario ocurre con los modelos con bajos valores de R², los cuales presentan valores altos de residuos, lo cual es relativamente normal. En este sentido es importante señalar que las variables pol, fibra y tah, pueden ser explicados apropiadamente a partir de las variables independientes que originalmente se plantearon. Para el caso de los modelos 3, 4 y 8, las variables independientes no logran explicar satisfactoriamente a las variables endógenas indicadas (pureza, jugo y flor).

Según los modelos analizados, se sigue que el análisis de rutas ofrece un buen nivel de asociación entre variables. También, es posible observar que existen algunas variables de las que se puede prescindir sin pérdida importante de información, como el caso de la ecuación 5, en donde puede prescindirse del término “jugo” sin pérdida importante de información. Esta forma de agrupar las variables ayuda a entender en qué forma e importancia deben tratarse a los caracteres para poder hacer un mejor uso de la información que cada uno entrega por separado.

Cuadro 5. Modelo estructurado de Ecuaciones Resuelto para un Análisis de Rutas

Ecuación	Ecuación	R2
1	oque3 ~ 0.116oque2 + 3.164e	0.112
2	brixjugo ~ -0.083jugo + 0.503brix + 1.299e	0.261
3	pureza ~ 0.506brixjugo + 7.437e	0.057
4	jugo ~ 0.238diam2 + 8.226e	0.058
5	pol ~ -0.006brix + 0.748brixjugo + 0.164pureza - 0.005jugo + 0.033e	0.977
6	diam2 ~ -0.019pop2 + 7.988e	0.109
7	peso5 ~ 0.242diam2 - 0.005pop2 + 1.806alt2 + 1.471e	0.387
8	flor ~ 34.36alt2 + 1202.676e	0.064
9	corcho ~ -0.098flor + 49.72e	0.200
10	fibra ~ -0.025diam2 - 0.378jugo + 0.78e	0.624
11	tah ~ 2.767peso5 + 0.075pop2 - 0.544alt2 + 1.362pol + 2.748e	0.899

Por otro lado, a partir del análisis de componentes principales se derivó que un grupo reducido de variables pueden estar asociadas a dos factores subyacentes (variables latentes) que pueden describirse como “biomasa” y “azúcar”, de acuerdo con las variables que explican cada una de las dos primeras componentes principales. Si bien el análisis arrojó resultados interesantes, el conjunto de dos ecuaciones no mostró en general un buen nivel de ajuste, en donde solamente un indicador mostró valores apropiados de ajuste (RMSA=0.000), el cual supera el estándar de corte (Hu & Bentler, 1999).

La asociación de las variables estudiadas y las variables latentes se muestra en la Figura 3, en ésta se aprecia que las dos variables latentes comparten dos variables explicativas (fibra y jugo). La correlación entre cada variable explicativa y la variable latente fue relativamente baja para la variable “biomasa” y alto para la variable “azúcar”. diam2 y el peso5 parecen estar más relacionadas con la “biomasa” en tanto que pol y brix explican a “azúcar”. De las variables compartidas por ambas variables latentes, solamente jugo, parece influir en cierta medida en ambas variables latentes, en tanto que fibra está más asociada negativamente con biomasa.

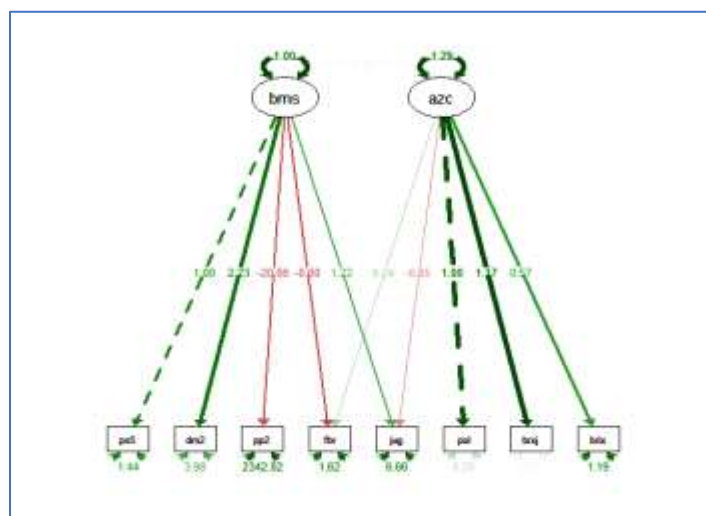


Figura 3. Variables latentes y su asociación con un conjunto de variables explicativas

Selección.

Estado III Incremento, para la 14ava. Prueba Regional.

Según el Cuadro 1, se contó con 1,592 genotipos en evaluación. Luego de las evaluaciones y los diferentes análisis mostrados hasta aquí, se realizó el procedimiento de selección. No se aplicó ninguna presión de selección específica.

El resumen general de selecciones para conformar el estado III incremento se presenta en la Figura 4.

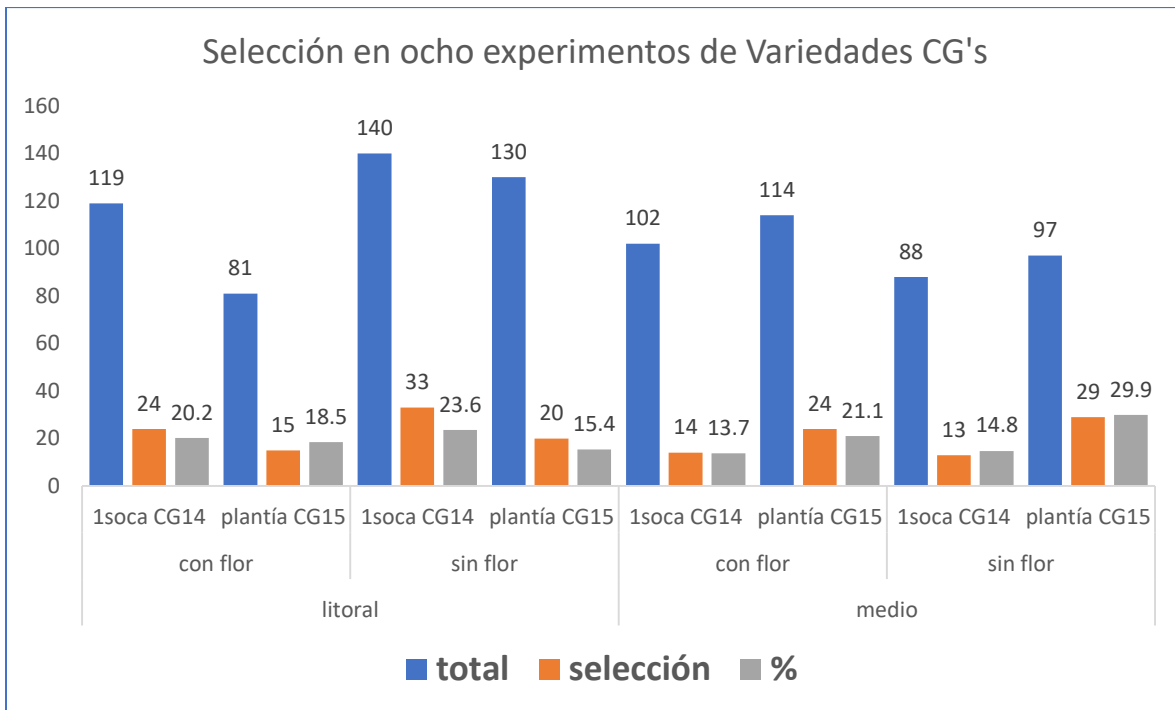


Figura 4. Selección final de genotipos por experimento de variedades CG. %=proporción de la selección

Los valores proporcionales de selección entre los experimentos conducidos oscilaron entre 14 por ciento y 30 por ciento. Estos valores son similares a los obtenidos en otros ciclos de selección (Rosales-Longo, *et al.*, 2016) (Rosales-Longo, *et al.*, 2018). El experimento de variedades sin flor del estrato medio serie CG15, a pesar de contar con solamente 97 genotipos para evaluación en dos repeticiones, entregó 29 genotipos para conformar el estado III-Incremento. Esto indica que existe una alta probabilidad de encontrar materiales con muy buenas características para esta serie, en este experimento. En general, entre más genotipos son sujetos de selección, más alta es la probabilidad de encontrar algún buen material con potencial de cultivo comercial. En total se seleccionaron 172 variedades CG de las series CG14 y CG15, en el Anexo1 se presenta el listado de las variedades CG seleccionadas.

Las selecciones de variedades introducidas corresponden a las realizadas en los experimentos del estado III de variedades introducidas. En estos experimentos se alcanzó una tasa de selección de 14 por ciento, si bien la variación de la selección es muy amplia (13%). El resumen de la selección en este grupo de materiales se presenta en la Figura 5.

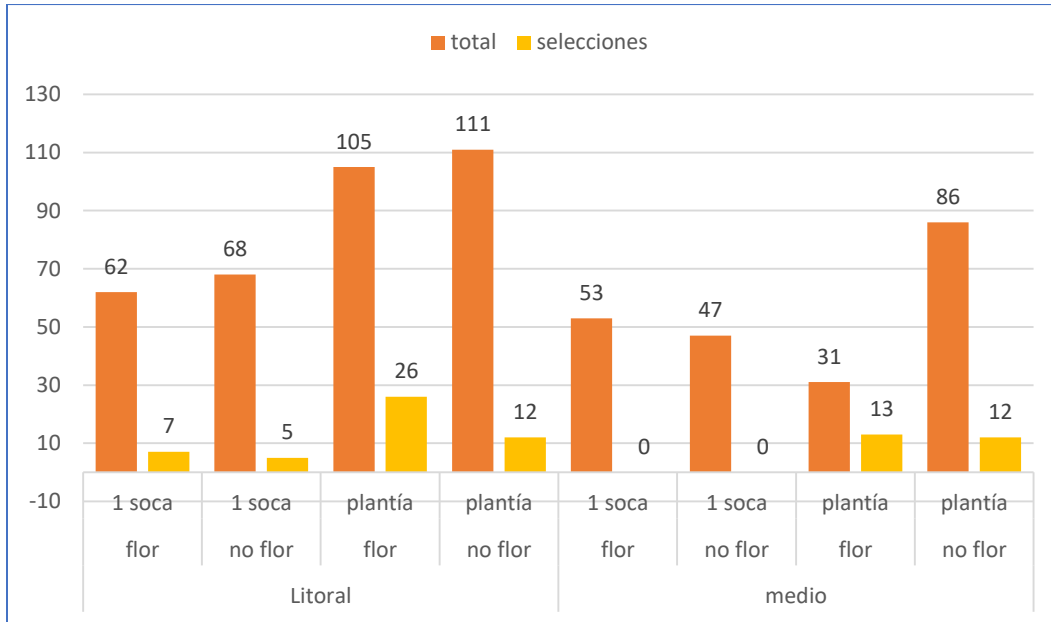


Figura 5. Selección de variedades introducidas para contribuir a la conformación del Estado III Incremento

18ava Prueba Regional

Del mismo modo en que se realizaron los análisis y evaluaciones para conformar la 18 Prueba Regional, se hizo un análisis de todos los datos de los materiales que conformaron el estado III incremento para la 18ava Prueba Regional. Con toda la información y análisis recabados se seleccionaron un total de 69 variedades, las cuales se utilizaron para el establecimiento de la 18ava prueba Regional de variedades con flor con 34 variedades y la 18ava Prueba Regional de variedades sin flor con 37 variedades. En la Figura 6 se presenta un resumen de los materiales mencionados.

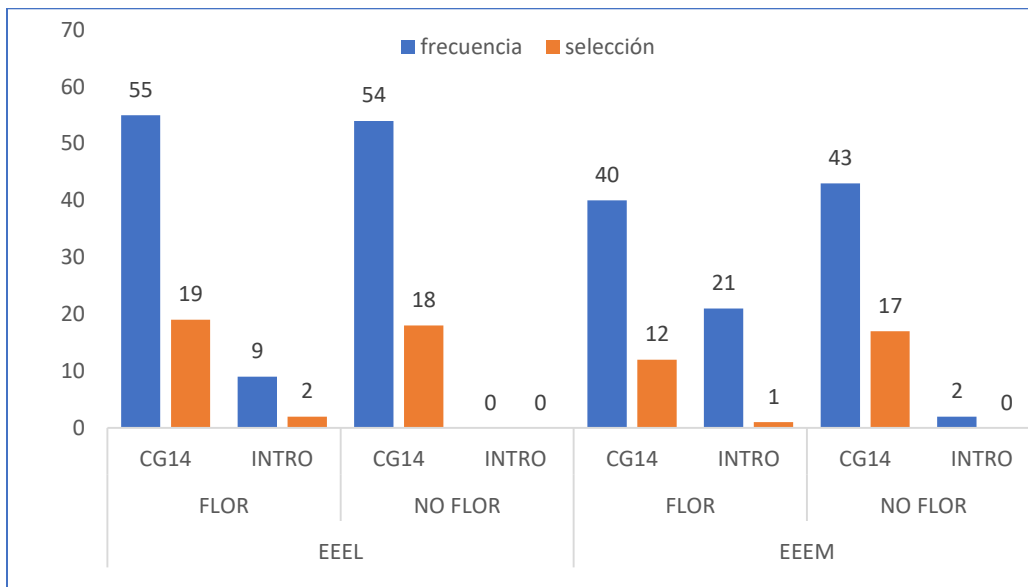


Figura 6. Selecciones para conformar la 18ava Prueba Regional con y sin flor

Como se apuntó anteriormente, la selección de genotipos de caña debe iniciar con la valoración de sus propiedades en términos del contenido de sacarosa. Las variables relacionadas con este carácter son la que mejor explican la variabilidad general entre genotipos y en consecuencia es una de las principales herramientas para realizar los procedimientos de selección. En la Figura 7, se aprecia cómo la relación entre la selección y el contenido de azúcar es fundamental. Los mejores genotipos de caña de azúcar serán, en principio, aquellos con los mejores contenidos de azúcar.

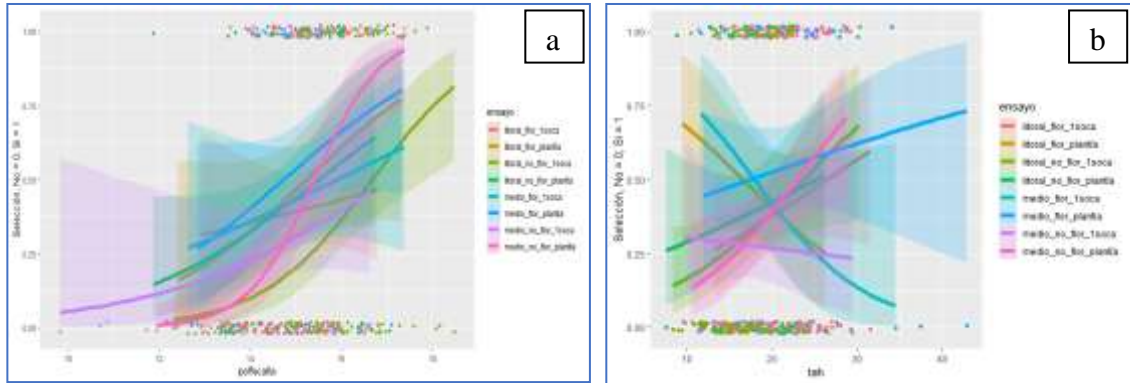


Figura 7. Regresión Logit para la variable Selección (SI=1; NO=0) con respecto a las variables pol%caña y tah

Se aprecia en la Figura 9 que la selección de un genotipo de caña de azúcar estará más en función del contenido de azúcar que en la combinación de este contenido con la producción de biomasa (tah). Si bien la producción de biomasa (tah) es esencial para alcanzar altos valores de productividad en caña de azúcar, es más determinante el contenido de azúcar en términos de entender la variabilidad y la explotación de ésta en términos de mejoramiento genético.

Entrega de las variedades para el establecimiento de la 18ava Prueba Regional. Tomada la decisión final de la selección de los genotipos correspondientes, se entregó, en dos giras de reconocimiento, las variedades correspondientes (Figura 8).



Figura 8. Giras de reconocimiento para la entrega de genotipos con flor y sin flor para conformar la 18ava Prueba Regional de la AIA guatemalteca

CONCLUSIONES

1. La explicación de la variabilidad general de los genotipos de caña de azúcar es mejor establecida por las variables relacionadas con el contenido de azúcar.
2. No se encontraron diferencias estadísticas importantes entre genotipos según las variables estudiadas. Esto puede estar altamente influenciado por que se comparan individuos de la fracción superior de una población, en donde las diferencias pueden ser relativamente pequeñas.
3. El análisis de rutas estableció que es posible organizar y jerarquizar variables en términos de ecuaciones de tal manera que pueda ser más útil el entendimiento de la dinámica de la asociación de las variables que se emplean para caracterizar los genotipos de caña de azúcar en el Estado III. Puede prescindirse de ciertas variables de caracterización sin sufrir una pérdida importante de información.
4. El análisis de rutas permitió establecer las rutas de asociación entre variables, lo que puede ayudar a conocer el valor de importancia de cada variable en el contexto general de la valoración genética de variedades de caña de azúcar.
5. El análisis de variables latentes no encontró un buen nivel de ajuste entre las variables explicativas y dos variables o factores latentes. Es necesario abundar más en este análisis puesto que puede ser de mucha importancia conocer el aporte de cada variable en variables o factores latentes como “biomasa” y “azúcar”.
6. La información y análisis realizados permitió la selección de 172 variedades de caña de azúcar, entre variedades con flor y sin flor, para el establecimiento de la 19ava Prueba Regional.
7. La información y análisis realizados permitió la selección de 69 variedades de caña de azúcar, entre variedades florecedoras y no florecedoras, para el establecimiento de la 18ava Prueba Regional.

REFERENCIAS

- Borsboom, D., Mellenbergh, G., & van Heerden, J. (2003). The Theoretical Status of Latent Variables. *Psychological Review*, 110(2), 203-209.
- Butterfield, M. K., D'Hont, A., & Berding, N. (2001). THE SUGARCANE GENOME: A SYNTHESIS OF CURRENT UNDERSTANDING, AND LESSONS FOR BREEDING AND BIOTECHONOLGY. *Proc S Afr Sug Technol Ass*, (p. 5).
- Hu, L.-T., & Bentler, P. (1999). Cutoff Criteria for Fit Indexes in Covariance Structure Analysis: Conventional Criteria Versus New Alternatives. *STRUCTURAL EQUATION MODELING*, 6(1), 1-55.
- ICC (INSTITUTO PRIVADO DE INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO). (2011-2019). *Base de Datos Agro-Meteorológicos*. Retrieved August 21, 2018, from <https://redmet.icc.org.gt/>
- Jolliffe, I. T. (2002). *Principal Component Analysis* (2 ed.). New York: Springer.
- Orozco, H., Quemé, J. L., Ovalle, W., & Rosales-Longo, F. (2012). Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar. In CENGICAÑA, *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala* (pp. 45-77). Guatemala: Artemis Edinter.
- Ovalle, W. (2012). Enfermedades de la caña de azúcar. In M. Melgar, A. Menese, H. Orozco, O. Pérez, & R. Espinosa (Eds.), *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala* (pp. 233-258). Guatemala: Artemis Edinter.
- Pérez, E., Medrano, L. A., & Sánchez-Rosas, J. (2013). El Path Analysis: conceptos básicos y ejemplos de aplicación. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 5(1), 55-66.
- Quemé, J. L., Crossa, J., Orozco, H., & Melgar, M. (2007). Analysis of genotype-by-environment interaction for sugarcane using the sites regression model (SREG). *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* 26, pp. 764-769. ISSCT.
- R Core Team. (2019). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria. Retrieved from R Foundation for Statistical Computing: <https://www.R-project.org/>

- Rosales-Longo, F. U. (2017). *Índices Fenotípicos de Selección en Caña de Azúcar*. Lugo: Universidad de Santiago de Compostela. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10347/16500>
- Rosales-Longo, F. U., Ovalle, W., García, B., Catalán, M., Portillo, O., & Santiago, D. (2018). EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL ESTADO III DURANTE LA ZAFRA 2017-2018, EN GUATEMALA. In A. Meneses, H. Orozco, O. Pérez, & M. Melgar (Ed.), *MEMORIA DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN ZAGRA 2017-2018*, (pp. 131-150). Retrieved from <https://cengicana.org/files/20180919081605298.pdf>
- Rosales-Longo, F. U., Ovalle, W., García, B., González, H., Catalán, M., Lima, L., . . . Villatoro, B. (2016). Evaluación y selección de variedades de caña de azúcar en el estado III durante la zafra 2015-2016, en Guatemala. In A. Meneses, H. Orozco, & O. Pérez (Eds.), *Memoria. Presentación de resultados de investigación Zafra 2015-2016* (pp. 136-147).
- Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2), 1-36. Retrieved from <http://www.jstatsoft.org/v48/i02/>:
<http://www.jstatsoft.org/v48/i02/>.
- Whitman, D. W., & Agrawal, A. A. (2009). What Is Phenotypic Plasticity And Why It Is Important? In D. W. Whitman, & T. N. Ananthakrishnan (Eds.), *Phenotypic Plasticity Of Insects* (pp. 1-63). Science Publishers.
- Zhou, M., Joshi, S., Maritz, T., & Koberstein, H. (2011). COMPONENTS OF GENOTYPE BY ENVIRONMENT INTERACTION. *Proc S Afr Sug Technol Ass*, 84, pp. 363-374.

ANEXO 1

**Listado de las variedades CG's Seleccionadas en la zafra 2018-2019 para el establecimiento del Estado III
Incremento para dar origen a la 19ava Prueba Regional**

ensayo	variedad	Pol%caña	ensayo	variedad	Pol%caña
litoral_flor_1soca	CG14-131	14.6	litoral_no_flor_plantía	CG15-306	14.6
litoral_flor_1soca	CG14-693	15.2	litoral_no_flor_plantía	CG15-318	15.1
litoral_flor_1soca	CG14-MS#800	15.7	litoral_no_flor_plantía	CGB15-277	11.9
litoral_flor_1soca	CG14-864	15.1	litoral_no_flor_plantía	CGB15-236	13.7
litoral_flor_1soca	CG14-1624	15.9	litoral_no_flor_plantía	CG15-295	14.5
litoral_flor_1soca	CG14-337	14.9	litoral_no_flor_plantía	CGB15-288	15.1
litoral_flor_1soca	CG14-1833	16.1	medio_flor_1soca	CGCP14-66	16
litoral_flor_1soca	CG14-948	16.4	medio_flor_1soca	CG14-2135	14.4
litoral_flor_1soca	CG14-292	16.1	medio_flor_1soca	CG14-9209	15.6
litoral_flor_1soca	CG14-411	15.1	medio_flor_1soca	CG14-2473	16.8
litoral_flor_1soca	CG14-2874	14	medio_flor_1soca	CG14-2399	14.8
litoral_flor_1soca	CG14-2188	15.8	medio_flor_1soca	CG14-3303	15.6
litoral_flor_1soca	CG14-1618	15	medio_flor_1soca	CG14-MS#348	15.5
litoral_flor_1soca	CG14-2294	15.5	medio_flor_1soca	CG14-683	15.7
litoral_flor_1soca	CG14-2322	15.8	medio_flor_1soca	CG14-9459	15.8
litoral_flor_1soca	CG14-1724	15.2	medio_flor_1soca	CG14-9591	14.3
litoral_flor_1soca	CG14-616	15.1	medio_flor_1soca	CG14-9064	17.4
litoral_flor_1soca	CG14-542	15.2	medio_flor_1soca	CG14-9271	15.3
litoral_flor_1soca	CG14-572	16.1	medio_flor_1soca	CG14-9004	14.9
litoral_flor_1soca	CG14-420	14.2	medio_flor_1soca	CG14-2431	14.6
litoral_flor_1soca	CG14-1584	15.6	medio_flor_plantía	CG15-21	17
litoral_flor_1soca	CG14-2542	15.5	medio_flor_plantía	CG15-69	15.9
litoral_flor_1soca	CG14-159	14.1	medio_flor_plantía	CGB15-110	16
litoral_flor_1soca	CG14-1766	13.9	medio_flor_plantía	CG15-20	14.8
litoral_flor_plantía	CG15-192	15.2	medio_flor_plantía	CG15-56	14.9
litoral_flor_plantía	CG15-157	16.5	medio_flor_plantía	CG15-66	14
litoral_flor_plantía	CG15-183	16.1	medio_flor_plantía	CG15-59	14.7
litoral_flor_plantía	CG15-175	17.3	medio_flor_plantía	CG15-93	14.5
litoral_flor_plantía	CG15-129	15	medio_flor_plantía	CG15-63	14.2
litoral_flor_plantía	CG15-159	14.9	medio_flor_plantía	CG15-37	14.1
litoral_flor_plantía	CGB15-200	14	medio_flor_plantía	CG15-48	15
litoral_flor_plantía	CG15-160	16.6	medio_flor_plantía	CG15-112	14.9
litoral_flor_plantía	CG15-130	15.3	medio_flor_plantía	CG15-69	14.9
litoral_flor_plantía	CG15-169	15.8	medio_flor_plantía	CG15-104	16
litoral_flor_plantía	CG15-190	13.6	medio_flor_plantía	CG15-101	16
litoral_flor_plantía	CG15-189	14.5	medio_flor_plantía	CG15-88	16
litoral_flor_plantía	CG15-165	14.5	medio_flor_plantía	CG15-45	14.8
litoral_flor_plantía	CG15-6652	14.5	medio_flor_plantía	CG15-49	16.7
litoral_flor_plantía	CG15-194	15.2	medio_flor_plantía	CG15-25	14.1
litoral_no_flor_1soca	CG14-6034	16.8	medio_flor_plantía	CG15-33	15.8
litoral_no_flor_1soca	CG14-6848	16.6	medio_flor_plantía	CG15-24	15.5
litoral_no_flor_1soca	CG14-6949	15.7	medio_flor_plantía	CG15-84	16.1
litoral_no_flor_1soca	CG14-7347	15.3	medio_flor_plantía	CG15-111	17.4
litoral_no_flor_1soca	CG14-3692	15.8	medio_flor_plantía	CG15-17	15.1
litoral_no_flor_1soca	CG14-7293	15.4	medio_no_flor_1soca	CG14-6892	15.3
litoral_no_flor_1soca	CG14-7057	16.8	medio_no_flor_1soca	CG14-9974	14.7
litoral_no_flor_1soca	CG14-6934	16.5	medio_no_flor_1soca	CG14-11756	14.5
litoral_no_flor_1soca	CG14-6913	16.7	medio_no_flor_1soca	CG14-11105	14.3
litoral_no_flor_1soca	CG14-3351	16	medio_no_flor_1soca	CG14-4331	16.4

ensayo	variedad	Pol%caña	ensayo	variedad	Pol%caña
litoral_no_flor_1soca	CG14-6906	17	medio_no_flor_1soca	CG14-6589	14
litoral_no_flor_1soca	CG14-7557	15.1	medio_no_flor_1soca	CG14-11298	15.1
litoral_no_flor_1soca	CG14-6703	17.6	medio_no_flor_1soca	CG14-10223	14.1
litoral_no_flor_1soca	CG14-7001	16.5	medio_no_flor_1soca	CG14-10692	15.3
litoral_no_flor_1soca	CG14-MS#142	15.6	medio_no_flor_1soca	CG14-10035	15.3
litoral_no_flor_1soca	CG14-7568	16.1	medio_no_flor_1soca	CG14-10105	15.7
litoral_no_flor_1soca	CG14-4216	16.8	medio_no_flor_1soca	CG14-6029	14
litoral_no_flor_1soca	CG14-3618	17	medio_no_flor_1soca	CG14-7367	15.1
litoral_no_flor_1soca	CG14-5661	15.2	medio_no_flor_plantía	CGB15-391	15.6
litoral_no_flor_1soca	CG14-4664	16	medio_no_flor_plantía	CG15-465	14.6
litoral_no_flor_1soca	CG14-5634	17.3	medio_no_flor_plantía	CG15-446	15
litoral_no_flor_1soca	CG14-6075	17.9	medio_no_flor_plantía	CG15-411	14.9
litoral_no_flor_1soca	CG14-5344	16.9	medio_no_flor_plantía	CG15-433	14.8
litoral_no_flor_1soca	CG14-5167	16	medio_no_flor_plantía	CG15-466	14.6
litoral_no_flor_1soca	CG14-6542	16.4	medio_no_flor_plantía	CG15-448	17.4
litoral_no_flor_1soca	CG14-4705	16	medio_no_flor_plantía	CGB15-395	16.1
litoral_no_flor_1soca	CG14-7531	15.1	medio_no_flor_plantía	CG15-413	15.5
litoral_no_flor_1soca	CG14-4151	17	medio_no_flor_plantía	CGB15-407	15.6
litoral_no_flor_1soca	CG14-7100	16.1	medio_no_flor_plantía	CGMex15-392	15.7
litoral_no_flor_1soca	CG14-7338	15.7	medio_no_flor_plantía	CG15-383	15.4
litoral_no_flor_1soca	CG14-4197	16.3	medio_no_flor_plantía	CGB15-404	16.5
litoral_no_flor_1soca	CG14-7367	16.3	medio_no_flor_plantía	CG15-393	16.7
litoral_no_flor_1soca	CG14-7547	17.2	medio_no_flor_plantía	CG15-457	17.1
litoral_no_flor_plantía	CG15-282	15.5	medio_no_flor_plantía	CGB15-432	14.9
litoral_no_flor_plantía	CG15-325	14.5	medio_no_flor_plantía	CG15-428	14.4
litoral_no_flor_plantía	CG15-310	15.2	medio_no_flor_plantía	CG15-355	14.9
litoral_no_flor_plantía	CG15-335	14.6	medio_no_flor_plantía	CG15-416	14.5
litoral_no_flor_plantía	CGMS#	15.9	medio_no_flor_plantía	CG15-427	16.2
litoral_no_flor_plantía	CGB15-275	15.2	medio_no_flor_plantía	CG15-435	15.3
litoral_no_flor_plantía	CG15-255	15.3	medio_no_flor_plantía	CG15-452	15.4
litoral_no_flor_plantía	CG15-259	15.5	medio_no_flor_plantía	CG15-388	15.4
litoral_no_flor_plantía	CG15-291	15.3	medio_no_flor_plantía	CG15-460	17.4
litoral_no_flor_plantía	CG15-241	14.5	medio_no_flor_plantía	CG15-441	16.6
litoral_no_flor_plantía	CG15-247	16.6	medio_no_flor_plantía	CG15-456	15.8
litoral_no_flor_plantía	CG15-250	16.7	medio_no_flor_plantía	CG15-451	15.7
litoral_no_flor_plantía	CG15-305	13.5	medio_no_flor_plantía	CG15-447	16.2
litoral_no_flor_plantía	CG15-332	14.2	medio_no_flor_plantía	CG15-469	16.6

ANEXO 2**Listado de variedades florecedoras seleccionadas para el establecimiento de la 18ava Prueba Regional**

Estrato litoral			Estrato medio		
Variedad	madre	padre	Variedad	madre	padre
CG14-1018	CP89-1868	CP57-603/Mex79-431	CG14-1219	CP89-1868	B74132
CG14-118	CP01-1614	Gloria58	CG14-159	CGSP98-16	PR87-2078
CG14-1540	CP92-1493	CP74-2005	CG14-2324	CP04-119	C87-51/CP02-1143/CP02-1143
CG14-159	CGSP98-16	PR87-2078	CG14-2516	CP75-1091	CP03-1167/CP90-1151/CP03-1844/CP00-1751
CG14-1724	CP92-1413	CP99-2090	CG14-2762	CP03-2421	CP00-1569
CG14-1839	H37-1953	CGMex98-182	CG14-2962	CP89-2143	CP04-1135/CP01-2471
CG14-1923	CP92-1477	RD7511/CP88-1508	CG14-3193	CP89-2143	CP91-1914
CG14-2274	CP89-2143	CC85-92	CG14-9078	SP71-6180	CP88-1508
CG14-2385	SP71-6180	CP88-1508	CG14-9086	CP02-1807	CP01-2471
CG14-2431	SP71-6180	CP88-1508	CG14-MS#329	?	?
CG14-2448	SP71-6180	CP88-1508	CG14-MS#354	?	?
CG14-2542	SP70-1284	CP48-103	CGCP14-86	CP03-1912	CG98-46
CG14-2551	Gloria55	Tuc69-117/Mex79-431	CP09-2385	introducidas	introducidas
CG14-2801	CP03-2421	CP00-1569			
CG14-2817	CP03-2421	CP00-1569			
CG14-420	Mex65-1424	CG99-084/CP01-2471			
CG14-89	CP01-1614	Gloria58			
CG14-899	CB38-22	B7306/Mex79-431			
CGMex14-167	CP72-1312	Co421			
CP11-2443	introducidas	introducidas			
CP11-2464	introducidas	introducidas			

ANEXO 3

Listado de variedades no florecedoras seleccionadas para el establecimiento de la 18ava Prueba Regional

Estrato litoral			Estrato medio		
Variedad	madre	padre	Variedad	madre	padre
CG14-10710	Mex60-445	Q107	CG14-1219	CP89-1868	B74132
CG14-10760	CP63-588	CP57-603/Q96/PR87-2015	CG14-159	CGSP98-16	PR87-2078
CG14-10960	CP89-2143	CC85-92	CG14-2324	CP04-119	C87-51/CP02-1143/CP02-1143
CG14-11029	SP72-4790	CC85-92	CG14-2516	CP75-1091	CP03-1167/CP90-1151/CP03-1844/CP00-1751
CG14-11080	SP71-6180	CP88-1508	CG14-2762	CP03-2421	CP00-1569
CG14-11153	?	?	CG14-2962	CP89-2143	CP04-1135/CP01-2471
CG14-11228	CP74-2005	CB38-22/B74132	CG14-3193	CP89-2143	CP91-1914
CG14-3440	CP02-1992	CP93-1595	CG14-9078	SP71-6180	CP88-1508
CG14-6712	CP70-321	CP91-1779	CG14-9086	CP02-1807	CP01-2471
CG14-7001	CP89-2143	CC85-92	CG14-MS#329	?	?
CG14-7302	SP72-4790	CC85-92	CG14-MS#354	?	?
CG14-7364	SP72-4790	CC85-92	CGCP14-86	CP03-1912	CG98-46
CG14-7435	SP71-6180	CP88-1508	CP09-2385	introducidas	introducidas
CG14-7536	SP71-6180	CP88-1508			
CG14-7739	SP70-1284	CP48-103			
CG14-9858	CP04-2192	CP00-1495/CP96-1309			
CG14-MS#598	?	?			