

Evaluación de indicadores de eficiencia en cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) de la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas

Irenaldo Delgado-Mora^{1*}, Javier González-Fernández², Dianelis Díaz-Marcos², Jesús Miguel Guerra-Eduarte² y Héctor Jorge-Suárez³

1 Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Villa Clara (INICA-VC). Autopista Nacional, Km 246. Ranchuelo, Villa Clara. Cuba.

*ireinaldo.delgado@inicavc.azcuba.cu

2 Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas (EAA CC). Lajas, Cienfuegos. Cuba.

3 Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera Cujae, Km. 1½, Boyeros, La Habana. Cuba.

RESUMEN

El ingreso de materiales, como: hojas, cogollos y suelo a la fábrica, disminuye el contenido de sacarosa y aumenta el porcentaje de fibra en caña. El objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta de indicadores de eficiencia agroindustrial en cultivares de caña de azúcar en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas. El estudio se desarrolló en el laboratorio azucarero de la propia entidad. Se evaluaron indicadores de calidad de los jugos en diferentes períodos de la cosecha. En el primer momento de cosecha, los cultivares C90-469 y C86-156 presentaron valores bajos en fibra (FIB) y altos en rendimiento potencial de caña (RPC); sin embargo, sucedió lo contrario con el cultivar C323-68. Asimismo, B80250 mostró bajos valores de fibra y porcentaje de cogollo, (% de Cog.), mientras que con C87-51 ocurrió lo contrario. En el segundo momento de cosecha, los cultivares C323-68 y C87-51 presentaron altos Porcentajes de materia extraña (% de Mext) y Porcentaje de Cogollo (% Cog); además, este último cultivar mostró bajos valores de RPC. Sin embargo, C90-469 ofreció valores inferiores de fibra y % Cog y altos de RPC. En el tercer momento de cosecha, el cultivar C90-469 presentó bajos valores de fibra y % Cog; así como altos para el RPC. Mientras, C86-12 tuvo los mayores valores de % Mext.

Palabras clave: materia extraña; miel; pureza; recuperación; rendimiento.

ABSTRACT

The entry of material such as leaves, buds and soil to the factory, decreases the sucrose content; and increase the amount of fiber. The objective of the work is to evaluate the response of sugarcane cultivars in agroindustrial efficiency indicators of the sugarcane company Ciudad Caracas. The study was developed in the sugar laboratory of the Agricultural and industrial sugar company Caracas City. Indicators of quality of the juices were evaluated in different harvest periods. At the first moment of harvest, cultivars C90-469 and C86-156 presented low values of Fiber and high values of RPC; as well as C323-68 in reverse respectively. Likewise, B80250 offered low values of Fiber and % Cog, while C87-51 was in the opposite direction. In the second moment of harvest, the cultivars C323-68 and C87-51 presented high values of % Mext and % Cog, as well as, this last cultivar, low values of RPC. However, C90-469 offered lower values of Fiber and % Cog and higher RPC values. In the third moment of harvest, the cultivar C90-469 presented low values of Fiber and % Cog; as well as high the RPC. Meanwhile, C86-12 with the highest values of % Mext.

Key words: extraneous matter; molasses; purity; recovery; yield.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es, actualmente, el cultivo agroalimentario más productivo del mundo. Debido a la naturaleza química y bioquímica de la materia prima que produce, presenta gran potencial para la diversificación productiva (1), pues, está compuesta básicamente por: fibra vegetal (bagazo) y jugo. Contiene, como resultado de sus procesos fisiológicos una gran variedad de sustancias, una de las cuales es la sacarosa, fundamental en el desarrollo de la humanidad (2).

La producción azucarera cubana cuenta con variedades que deben definirse en un período definido de zafra, pero otras pueden ser manejadas en los tres periodos; por tanto, es perfectamente posible buscar un adecuado balance que cubra todo el período de cosecha. La transformación varietal constituye una necesidad, que hoy en día comprenden la mayor parte de los productores cañeros, con el objetivo de incrementar los índices de eficiencia (3).

El ingreso de materiales como las hojas, cogollos, suelo y chupones (materia extraña o “trash”) a la fábrica disminuye el contenido de sacarosa, por el efecto de dilución. Además, estos materiales contienen compuestos químicos que afectan la recuperación de la sacarosa y la calidad de los jugos en la fábrica (fenoles, almidones, clorofilas, etc.). Cuando se procesa caña en verde que contiene cantidades significativas de hojas, se incrementa la cantidad de los no azúcares que ingresan a la fábrica, especialmente almidón y aquellos compuestos que aportan color y aumentan, también, la cantidad de fibra (4).

El incremento en la productividad de azúcar requiere de la disponibilidad de cultivares de caña de alta capacidad productiva, con elevados contenidos de esta. Este objetivo exige la utilización de distintas estrategias de manejo que permitan la expresión del potencial azucarero de las variedades extendidas. Gaikwad *et al* (5), plantearon que cuando los cultivares presentan una respuesta diferencial a las diversas condiciones edafoclimáticas, es necesario disponer de genotipos estables y con altos rendimientos.

Cuando se procesa caña verde, mediante el sistema mecanizado de cosecha se introducen en las fábricas de azúcar niveles elevados de materias extrañas y se incrementan la cantidad de impurezas que inciden en diversos parámetros del jugo, tales como: brix, pol, pureza, azúcares reductores, cenizas, almidón y aquellos compuestos que aportan color (6), de ahí que el objetivo de este trabajo sea determinar la respuesta de indicadores de eficiencia agroindustrial en cultivares de caña de azúcar para diferentes momentos de la cosecha en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Base experimental, material vegetal y variables a evaluar

El estudio se desarrolló en el laboratorio azucarero de la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas, en Lajas, provincia de Cienfuegos, perteneciente al Grupo Azucarero AZCUBA. Las observaciones se tomaron de la cosecha comprendida en el período de diciembre de 2019 a abril de 2020, replicadas en tres ocasiones. Se evaluaron un total de 7 cultivares, que aparecen en la tabla 1, recomendados por el INICA a la producción. Las precipitaciones medias durante el período de cosecha se muestran en la figura 1.

Las variables o indicadores de calidad evaluados son:

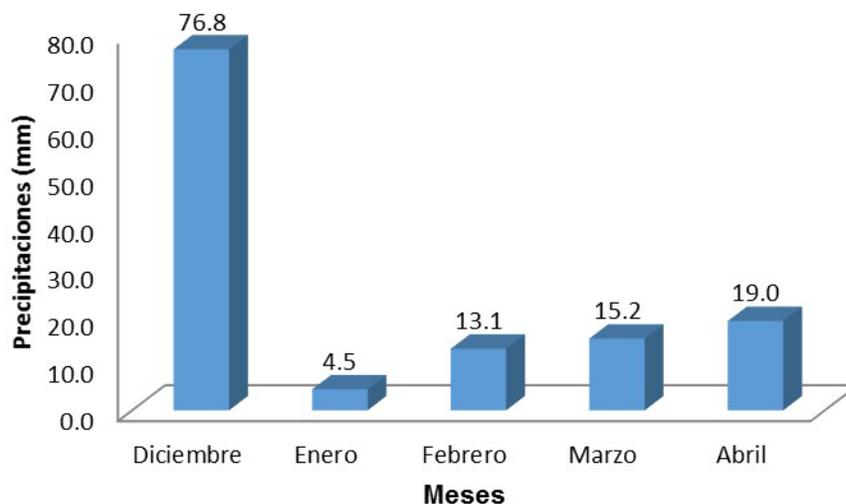
Brix (BX): cantidad de sólidos solubles por cada 100 partes en peso en una solución azucarada

1. Porcentaje de pol en caña (% pol en caña): cantidad de sacarosa aparente por cada 100 partes en peso en solución
2. Fibra: materia seca e insoluble en agua que contiene la caña.

3. RPC: Rendimiento potencial de la caña.
4. Materia extraña: todo lo que acompaña a la materia prima destinada al central, que no produce azúcar, tales como: hojas verdes y secas, cogollo, tierra, palos, cepas, animales, entre otros.
5. Cogollo: parte más tierna de la caña de azúcar, se encuentra en la parte superior de la planta, compuesto por la punta y las hojas verdes.

Tabla 1. Cultivares en estudio y sus progenitores

| No. | Cultivares | Progenitor femenino | Progenitor masculino |
|-----|------------|---------------------|----------------------|
| 1 | C323-68 | B4362 | C87-51 |
| 2 | C86-12 | Desconocido | |
| 3 | C86-156 | C16-56 | C87-51 |
| 4 | C87-51 | Co281 | POJ2878 |
| 5 | C90-469 | C87-51 | Ja60-5 |
| 6 | CP52-43 | CP43-64 | CP38-34 |
| 7 | B80250 | Desconocido | |

**Figura 1.** Precipitaciones que ocurrieron durante el período de cosecha.

Los momentos evaluados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Momentos evaluados en el estudio

| Momentos | Definición |
|-----------|----------------------|
| M1 | De diciembre a enero |
| M2 | De febrero a marzo |
| M3 | Mes de abril |

Indicadores de la calidad de los jugos en diferentes períodos de la cosecha

Para evaluar los diferentes indicadores de calidad del jugo (Brix, pol en caña y fibra), se tuvieron en cuenta las técnicas analíticas del Manual Azucarero de Control Unificado (MACU) (7).

Para el cálculo del RPC se empleó la ecuación 1, según Rojas (8).

$$RPC = 32 P_j[1-(F+6.5)/100]-\frac{1}{2}B_j[1-(F+3)/100]$$

Ec. 1

La determinación del Porcentaje de materias extrañas se fundamenta en la separación manual de las materias extrañas (cogollos, hojas secas, hojas verdes, renuevos, entre otros), y en su determinación por pesadas. En este método se utiliza la Sonda muestreadora que, automáticamente, toma más de 15 kg de caña. Esta deposita la muestra sobre una manta, previamente tarada, y este será el peso de la caña bruta. Se procede a la separación y el pesado de los componentes de la muestra, tales como: caña limpia, cogollos y otras materias extrañas. La determinación del porcentaje de materias extrañas y el porcentaje de cogollo se realiza de forma matemática, mediante las ecuaciones 2 y 3, respectivamente:

$$\% \text{ de materias extrañas} = \frac{\text{Peso caña bruta} - \text{Peso caña Limpia}}{\text{Peso caña bruta}} \times 100 \quad \text{Ec. 2}$$

$$\% \text{ de cogollo} = \frac{\text{Peso del cogollo}}{\text{Peso caña bruta}} \times 100 \quad \text{Ec. 3}$$

Método empleado en el procesamiento de los resultados

Para determinar la presencia de dependencias entre las observaciones fenotípicas, la información se procesó mediante un Análisis de componentes principales (ACP), basado en la matriz de correlaciones. Se utilizaron como variables, los seis indicadores agroindustriales y, como factor, los siete cultivares en cada cepa, por separado.

La evaluación estadística de los resultados se realizó con un Análisis de varianza (ANOVA) simple de efecto fijo, para cada variable evaluada. Los datos originales fueron comprobados para su ajuste a la normalidad, mediante *Bartlett-test*, con su correspondiente Chi cuadrado. El paquete estadístico utilizado fue: Statistica 12.0., sobre *Windows*. En todos los casos en que la interacción cultivar x cepa resultó significativa, se realizó un análisis de agrupamiento, para explicar esta interacción, a través del método de *Ward* con distancia Euclidanea, con el uso del paquete *Statgraphics_Plus_5.0*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de dependencia entre las observaciones

Los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP) se expresan en las tablas 3 y 4, en ellos se determinó la presencia de dependencia entre las observaciones, a través de las correlaciones existentes en un grupo de variables por cepa, como correspondió entre el Brix, PPC y RPC (0.89-0.94 y 0.87-0.92, respectivamente).

La distribución de las observaciones, en el plano de los dos primeros componentes principales, arrojó el 76.69 y 76.51 % de la variabilidad total en las cepas de planta y retoño, respectivamente. Las variables de mayor contribución en el primer componente (el más importante) fueron: Brix, PPC y RPC y el segundo componente correspondió al resto de las variables.

Tabla 3. Matriz de correlación de los indicadores agroindustriales en ambas cepas de caña de azúcar (S. spp.)

| Indicadores | Planta | | | | | |
|---------------------|--------|-------------|-------------|-------|--------------------|---------------------|
| | FIB | BRIX | PPC | RPC | Porcentaje de Cog. | Porcentaje de Mext. |
| FIB | 1.00 | - | - | - | - | - |
| BRIX | 0.27 | 1.00 | - | - | - | - |
| PPC | 0.17 | 0.92 | 1.00 | - | - | - |
| RPC | 0.03 | 0.89 | 0.94 | 1.00 | - | - |
| Porcentaje de Cog. | 0.25 | -0.02 | -0.03 | -0.13 | 1.00 | - |
| Porcentaje de Mext. | 0.35 | -0.06 | -0.18 | -0.27 | 0.39 | 1.00 |
| Retoño | | | | | | |
| FIB | 1.00 | - | - | - | - | - |
| BRIX | 0.40 | 1.00 | - | - | - | - |
| PPC | 0.29 | 0.92 | 1.00 | - | - | - |
| RPC | 0.11 | 0.87 | 0.92 | 1.00 | - | - |
| Porcentaje de Cog. | 0.09 | -0.34 | -0.45 | -0.52 | 1.00 | - |
| Porcentaje de Mext. | -0.22 | -0.37 | -0.40 | -0.43 | 0.44 | 1.00 |

FIB: fibra; BRIX: sólidos solubles, PPC: porcentaje de pol en caña, RPC: rendimiento potencial cañero, % Cog.: porcentaje de cogollo, % Mext.: porcentaje de materias extrañas.
Las variables de mayor correlación, están resaltadas en negritas.

Tabla 4. Resultado del Análisis de componentes principales (ACP) en el agrupamiento de los indicadores agroindustriales, para cada cepa. Valores propios y peso relativo de las variables en cada componente

| Valores propios | Planta | | Retoño | |
|---|--------------|---------|--------------|---------|
| | Comp. 1 | Comp. 2 | Comp. 1 | Comp. 2 |
| Valor | 2.91 | 1.69 | 3.44 | 1.15 |
| Porcentaje | 48.52 | 28.17 | 57.33 | 19.18 |
| Valor acumulado | 2.91 | 4.60 | 3.44 | 4.59 |
| Porcentaje acumulado | 48.52 | 76.69 | 57.33 | 76.51 |
| Peso relativo de las variables en cada componente | | | | |
| FIB | -0.17 | 0.73 | -0.34 | 0.83 |
| BRIX | -0.95 | 0.18 | -0.92 | 0.23 |
| PPC | -0.98 | 0.07 | -0.94 | 0.08 |
| RPC | -0.97 | -0.08 | -0.93 | -0.12 |
| Porcentaje Cog. | 0.12 | 0.71 | 0.60 | 0.61 |
| Porcentaje Mext. | 0.25 | 0.78 | 0.60 | 0.15 |

FIB: fibra; BRIX: sólidos solubles, PPC: porcentaje de pol en caña, RPC: rendimiento potencial cañero, % Cog.: porcentaje de cogollo, % Mext.: porcentaje de materias extrañas.
Las variables de mayor contribución en cada componente, están resaltadas en negritas.

Estas correlaciones existentes, entre las observaciones de los indicadores agroindustriales (Brix, PPC y RPC), coincidieron con lo expresado por Jorge *et al.* (9), quienes encuentran una relación directa entre las variables Brix refractométrico, porcentaje de Pol en jugo, porcentaje de Pol en caña y el RPC. Por ello, en función de estos resultados se desarrollaron los análisis solo con las variables poco correlacionadas (FIB, RPC, porcentaje de Cog. y porcentaje de Mext).

El momento 1 (M1) (diciembre-enero), no mostró diferencias significativas en la interacción cultivar x cepa, excepto en la fibra (tabla 5). Sin embargo, los cultivares presentaron como factor individual diferencias significativas en el RPC y porcentaje de cogollo, así como, la cepa en esta última variable.

La figura 2 muestra el agrupamiento de la interacción cultivar x cepa para la fibra. El tercer grupo (G III) reveló los más bajos valores de esta variable evaluada (15.75) y agrupó los cultivares C86-156, C90-469, CP52-43 y B80250 en la cepa de planta; también este último cultivar y C86-12 en el retoño. Asimismo, los valores más altos para la fibra (16.78) correspondieron al primer grupo (G I), identificado con C87-51, CP52-43 y C323-68 en retoño, y este último cultivar con la cepa de planta. De la misma manera, se formó un grupo intermedio (G II) con el resto de las interacciones cultivares x cepa (16.31) (figura 2).

Tabla 5. Análisis de varianza de las variables en estudio en el momento 1 (M1)

| Causas de variación | FIB | | | | RPC | | | |
|---------------------|-----|------|------|--------|-----|-------|------|--------|
| | GL | CM | F | p | GL | CM | F | p |
| VAR | 6 | 1.82 | 5.94 | 0.0000 | 6 | 2.022 | 2.31 | 0.0429 |
| CEP | 1 | 0.30 | 0.96 | 0.3296 | 1 | 0.473 | 0.54 | 0.4645 |
| VAR * CEP | 6 | 1.12 | 3.67 | 0.0031 | 6 | 0.168 | 0.19 | 0.9781 |
| Error | 70 | 0.31 | | | 70 | 0.875 | | |

| Causas de variación | % Cogollo | | | | % Mext | | | |
|---------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| | GL | CM | F | p | GL | CM | F | p |
| VAR | 6 | 4.349 | 2.966 | 0.0122 | 6 | 7.38 | 1.035 | 0.4102 |
| CEP | 1 | 19.659 | 13.407 | 0.0004 | 1 | 22.04 | 3.091 | 0.0830 |
| VAR * CEP | 6 | 1.820 | 1.241 | 0.2959 | 6 | 4.07 | 0.571 | 0.7520 |
| Error | 70 | 1.466 | | | 70 | 7.13 | | |

VAR: cultivar, CEP: cepa, FIB: fibra, RPC: rendimiento potencial cañero, % Cog.: porcentaje de cogollo, % Mext: porcentaje de materias extrañas, GL: grados libertad, CM: Cuadrados medios, F: valor F, p: significación.

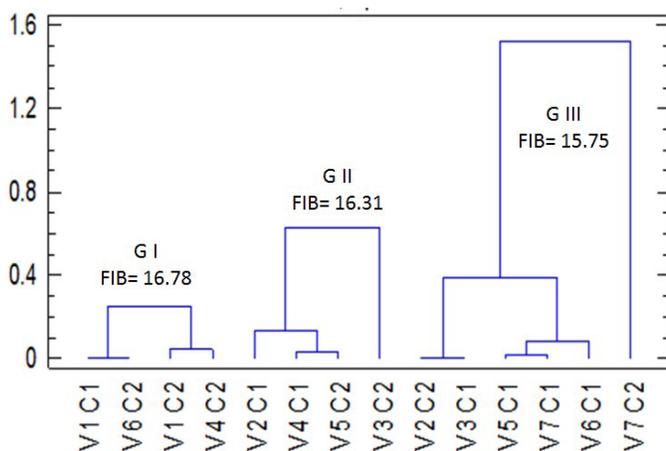
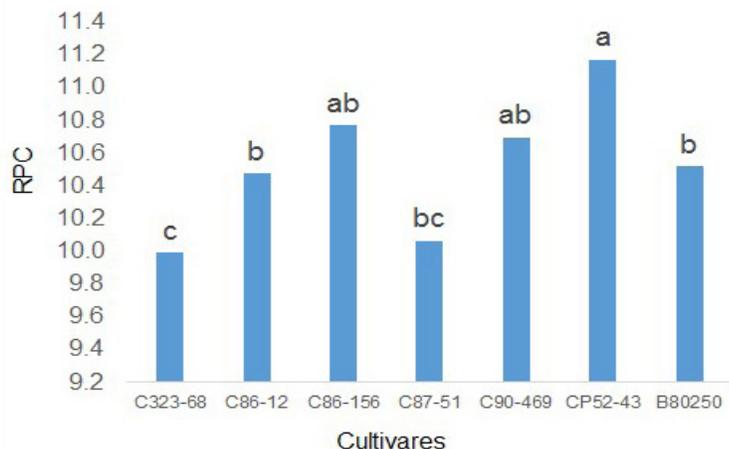


Figura 2. Agrupamiento de los cultivares en ambas cepas, para el porcentaje de fibra en el M1 (diciembre-enero). V1: C323-68; V2: C86-12; V3: C86-156; V4: C87-51; V5: C90-469; V6: CP52-43; V7: B80250; C1: Cepa planta y C2: Cepa retoño.

Según Rojas (8), el problema de la fibra en caña es de consideración, porque el bagazo representa el 30 % de la caña que se muele, y cada porcentaje de fibra en caña que sube o baja, es equivalente a 0.40 de RPC. De ahí la importancia que tiene, tanto para los cosecheros como para los moledores; pues un incremento en la fibra, aumenta la norma de pol en bagazo.

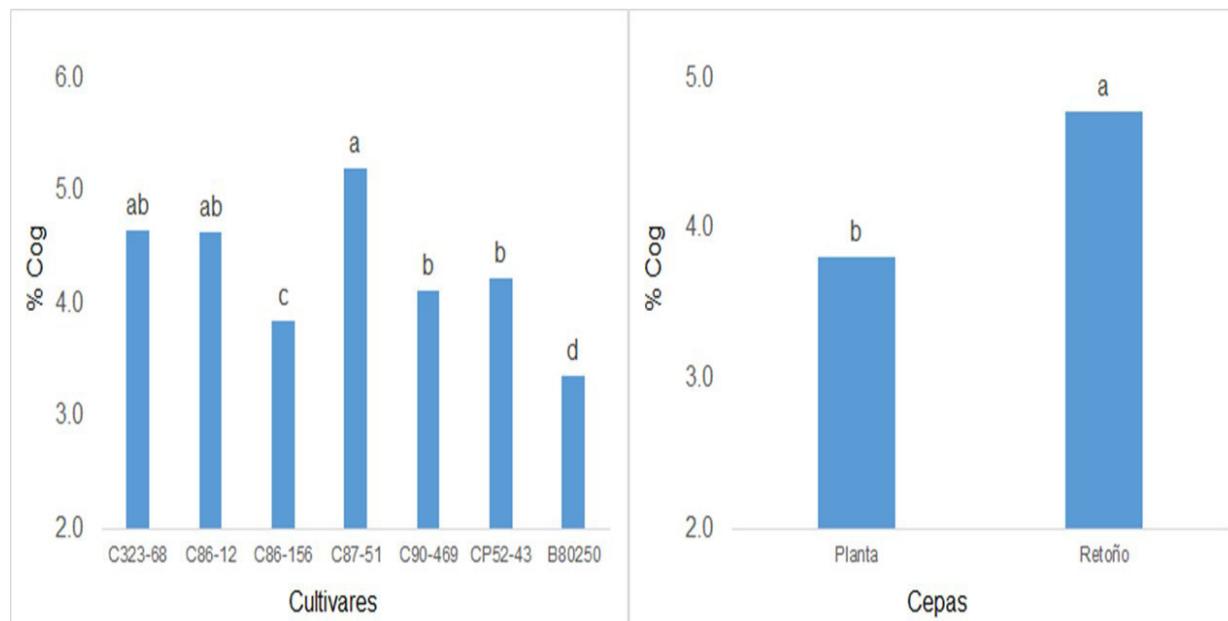
La respuesta de los cultivares en el momento (M1) para el RPC, mostró los mejores resultados para CP52-43; C90-469 y C86-156. Sin embargo, los valores más bajos se alcanzaron con C323-68 (figura 3). Estos resultados demuestran la alta productividad que tienen los primeros cultivares para esta etapa de zafra, por poseer madurez temprana; mientras que C323-68 reafirma las características para las cuales se recomendó, para las etapas finales, por tener una madurez tardía.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 3. Agrupamiento de los cultivares en ambas cepas, para el porcentaje de fibra en el M1 (diciembre-enero). V1: C323-68; V2: C86-12; V3: C86-156; V4: C87-51; V5: C90-469; V6: CP52-43; V7: B80250; C1: Cepa planta y C2: Cepa retoño.

La figura 4 muestra la respuesta de los cultivares y cepas en (M1) para el Porcentaje de Cog. Los cultivares B80250 y C86-156 tuvieron los mejores y más bajos valores para esta variable. Sin embargo, C87-51, C323-68 y C86-12 presentaron los valores más elevados. Se debe destacar que el retoño fue superior a la planta en cuanto al factor cepa.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 4. Respuesta de los cultivares y cepas en el Porcentaje de cogollo en el momento 1 (M1).

El Análisis de varianza de las variables evaluadas en el momento 2 (M2) (febrero-marzo), no mostró diferencias estadísticas significativas en la interacción cultivar x cepa, lo que indicó similar respuesta de los cultivares para esta etapa. Sin embargo, los cultivares presentaron como factor individual diferencias significativas en el RPC y Porcentaje de materias extrañas, para el segundo momento evaluado (M2) (Tabla 6).

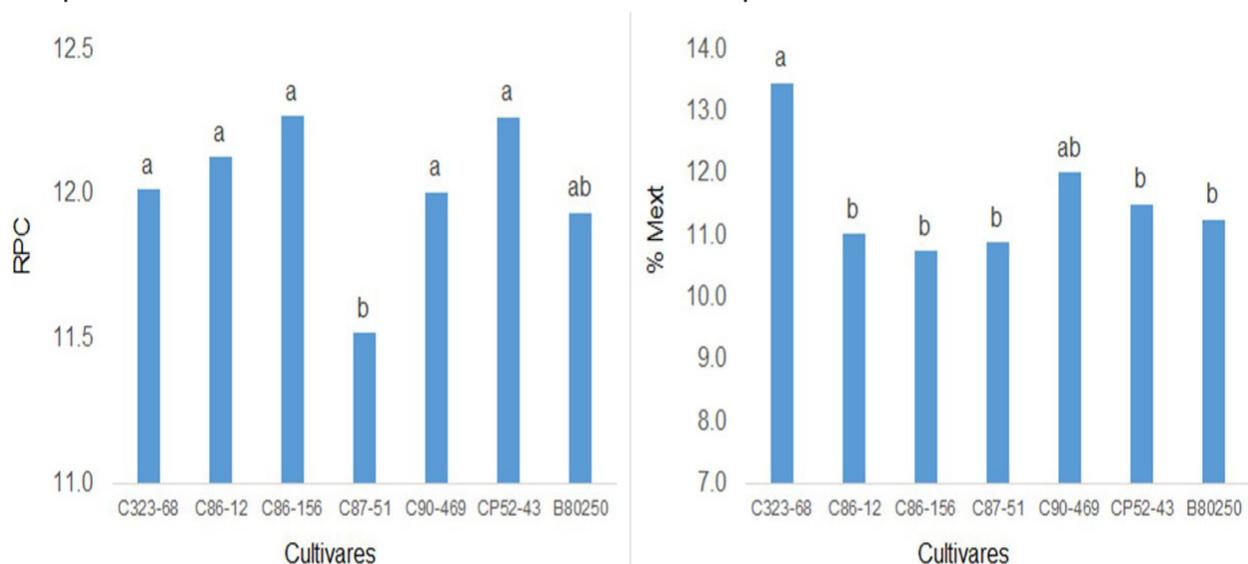
Tabla 6. Análisis de varianza de las variables en estudio en el momento 2 (M2)

| Causas de Variación | FIB | | | | RPC | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|
| | GL | CM | F | p | GL | CM | F | p |
| VAR | 6 | 0.32 | 1.01 | 0.4274 | 6 | 0.78 | 2.97 | 0.0120 |
| CEP | 1 | 0.00 | 0.01 | 0.9324 | 1 | 0.42 | 1.58 | 0.2125 |
| VAR * CEP | 6 | 0.52 | 1.64 | 0.1481 | 6 | 0.41 | 1.54 | 0.1777 |
| Error | 70 | 0.32 | | | 70 | 0.26 | | |
| Causas de Variación | % Cog | | | | % Mext | | | |
| | GL | CM | F | p | GL | CM | F | p |
| VAR | 6 | 0.594 | 0.774 | 0.5926 | 6 | 10.61 | 2.252 | 0.0480 |
| CEP | 1 | 0.151 | 0.197 | 0.6586 | 1 | 1.85 | 0.393 | 0.5328 |
| VAR * CEP | 6 | 0.581 | 0.757 | 0.6061 | 6 | 1.87 | 0.398 | 0.8781 |
| Error | 70 | 0.767 | | | 70 | 4.71 | | |

VAR: cultivar, CEP: cepa, FIB: fibra, RPC: rendimiento potencial cañero, % Cog.: porcentaje de cogollo,

% Mext: porcentaje de materias extrañas, GL: grados libertad, CM: Cuadrados medios, F: valor F, p: significación.

La figura 5 muestra la respuesta de los cultivares en (M2) para el RPC y Porcentaje de materias extrañas. A pesar de la diferencia expresada a través del Análisis de varianza, los cultivares presentaron similares respuestas de RPC, mientras que C87-51 ofreció diferencias y los más bajos valores para esta variable. No obstante, con respecto al Porcentaje de materias extrañas (% de Mext), también mostraron similares respuestas entre ellos. De esta manera, C323-68 y C90-469 presentaron los mayores valores en esta etapa, que resultó perjudicial para el proceso fabril. Estos resultados demuestran la madurez alcanzada por los cultivares para esta etapa de zafra y coincide con lo señalado por diferentes autores sobre la estabilidad en el período.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 5. Respuesta de los cultivares en el RPC y % Mext en el momento 2 (M2).

Bernal (10) señaló que en la etapa intermedia de madurez existe una menor variabilidad entre los genotipos para el carácter Porcentaje de pol en caña. De modo similar, González (11) informó que a medida que avanza el proceso de maduración se advierte una disminución de la variabilidad y la heredabilidad del contenido azucarero. Igualmente, Delgado (12) también advirtió que el período entre febrero y marzo (FM) muestra los menores valores de las variaciones estimadas de rendimiento industrial; es decir, mayor estabilidad de los cultivares en esta etapa.

El Análisis de varianza en el momento 3 (M3) (abril), mostró diferencias significativas en la interacción cultivar x cepa en todas las variables evaluadas (tabla 7). En la figura 6 se aprecia el agrupamiento de los cultivares, en cada cepa, para las cuatro variables.

El primer grupo (G I) estuvo identificado por los cultivares C323-68 y C87-51 en la cepa de planta; también este último cultivar, junto a CP52-43 y B80250 en el retoño. En el segundo agrupamiento (G II) estuvo formado por C86-12 y C90-469 en la cepa de planta; además de un tercer grupo con el resto de los cultivares y cepas.

Tabla 7. Análisis de varianza de las variables en estudio, en el momento 3 (M3)

| Causas de variación | FIB | | | | RPC | | | |
|---------------------|-----------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|
| | GL | CM | F | p | GL | CM | F | p |
| VAR | 6 | 1.98 | 4.95 | 0.0014 | 6 | 1.120 | 6.15 | 0.0003 |
| CEP | 1 | 1.65 | 4.11 | 0.0521 | 1 | 0.386 | 2.12 | 0.1565 |
| VAR*CEP | 6 | 1.22 | 3.04 | 0.0202 | 6 | 0.957 | 5.25 | 0.0009 |
| Error | 28 | 0.40 | | | 28 | 0.182 | | |
| Causas de variación | % de Cog. | | | | % Mext | | | |
| | GL | CM | F | p | GL | CM | F | p |
| VAR | 6 | 1.9483 | 2.667 | 0.0356 | 6 | 1.589 | 1.174 | 0.3480 |
| CEP | 1 | 0.1542 | 0.211 | 0.6494 | 1 | 6.087 | 4.496 | 0.0429 |
| VAR*CEP | 6 | 3.1746 | 4.346 | 0.0032 | 6 | 5.803 | 4.286 | 0.0034 |
| Error | 28 | 0.7304 | | | 28 | 1.354 | | |

VAR: cultivar, CEP: cepa, FIB: fibra, RPC: rendimiento potencial cañero, % Cog.: porcentaje de cogollo,

% Mext: porcentaje de materias extrañas, GL: grados libertad, CM: Cuadrados medios, F: valor F, p: significación.

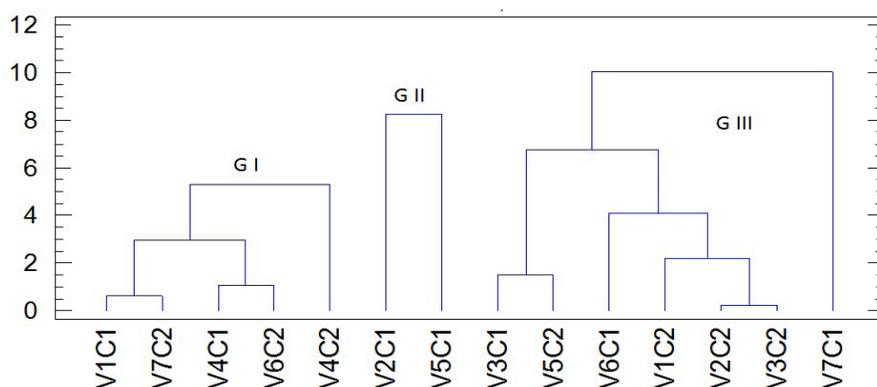


Figura 6. Agrupamiento de los cultivares en ambas cepas, para las cuatro variables (FIB, RPC, % Cog, % Mext). V1: C323-68, V2: C86-12, V3: C86-156, V4: C87-51, V5: C90-469, V6: CP52-43, V7: B80250, C1: Cepa planta, C2: Cepa retoño.

El Análisis de varianza de los tres grupos, mostró diferencias significativas en las cuatro variables, individualmente (tabla 8). Sin embargo, la tabla 9 ofreció la comparación de las medias de los grupos analizados. El primer grupo (G I) se identificó por tener altos valores de fibra y de porcentaje de cogollo, así como bajos valores de RPC, lo que demuestra que este grupo de cultivares no es apto para ser cosechado en esta etapa. Por otra parte, el G II presentó, principalmente, los menores valores de fibra y altos de RPC; asimismo, el tercer grupo (G III) ofreció bajos valores de Porcentaje de

cogollo y Porcentaje de materia extraña, además de altos valores también de RPC. Estos resultados sugieren a posibles cultivares para ser manejados en el período final de cosecha.

Tabla 8. Análisis de varianza de los grupos formados en cada variable en (M3)

| Causas de variación | FIB | | | | RPC | | | |
|---------------------|-----------|-------|--------|--------|-----------|-------|-------|--------|
| | GL | CM | F | p | GL | CM | F | p |
| Gpo | 2 | 8.066 | 19.76 | 0.0000 | 2 | 4.810 | 22.53 | 0.0000 |
| Error | 39 | 0.408 | | | 39 | 0.214 | | |
| Causas de variación | % de Cog. | | | | %de Mext. | | | |
| | GL | CM | F | p | GL | CM | F | p |
| Gpo | 2 | 6.396 | 6.4704 | 0.0037 | 2 | 9.936 | 5.659 | 0.0069 |
| Error | 39 | 0.988 | | | 39 | 1.756 | | |

Gpo: grupos, FIB: fibra, RPC: rendimiento potencial cañero, % Cog.: porcentaje de cogollo, % Mext.: Porcentaje de materias extrañas, GL: grados libertad, CM: cuadrados medios, F: valor F, p: significación.

Tabla 9. Comparación de medias de los grupos formados en cada variable en (M3)

| Gpo | FIB | Sig | Gpo | RPC | Sig |
|-------|-------|-----|-------|--------|-----|
| G II | 15.72 | a | G II | 12.23 | a |
| G III | 16.96 | b | G III | 12.07 | a |
| G I | 17.65 | c | G I | 11.11 | b |
| Gpo | % Cog | Sig | Gpo | % MExt | Sig |
| G III | 3.89 | a | G III | 11.87 | a |
| G II | 4.49 | ab | G I | 12.52 | a |
| G I | 5.10 | b | G II | 13.92 | b |

Gpo: grupos, FIB: fibra, RPC: rendimiento potencial cañero, % Cog.: porcentaje de cogollo, % Mext.: Porcentaje de materias extrañas, GL: grados libertad, CM: cuadrados medios, F: valor F, p: significación.

Rosas *et al.* (13) informaron que la fibra en caña constituye el primer problema con el que se tropieza en la determinación del RPC. Señalan, además, que la variación en la determinación de la fibra en caña es un tema de consideración, porque el bagazo representa el 30 % de la caña que se muele y cada Porcentaje de fibra en caña, que sube o baja, es equivalente a 0.40 puntos de RPC. De ahí su importancia, pues un incremento en ella, aumenta la norma de pol en bagazo y afecta el pol en caña.

Shikanda *et al.* (14) señalaron que el aumento en los niveles de materias extrañas provoca disminución del Porcentaje de pol en caña, además de que se pierde una cantidad apreciable de azúcar durante el tiempo entre la cosecha y la molienda. Al respecto, Rosas *et al.* (13) informaron que las materias extrañas tienen una fuerte influencia en el RPC, porque los jugos que contienen los tallos inmaduros tienen bajo brix y baja pureza y las hojas de la caña tienen un alto contenido de fibra y poco jugo.

CONCLUSIONES

1. En el primer momento de cosecha los cultivares B80250 y C86-156 ofrecieron bajos valores de Porcentaje de cogollo y de fibra, así como C323-68 con bajos valores de RPC y altos de fibra.
2. En el segundo momento de cosecha la mayoría de los cultivares alcanzaron altos valores de RPC y bajo Porcentaje de materia extraña, lo que demuestra la estabilidad en esta etapa.

3. En el tercer momento de cosecha, los cultivares C323-68, C87-51, CP52-43 y B80250 presentaron altos valores de fibra, Porcentaje de cogollo y bajos valores de RPC; así como, C86-12 y C90-469 con menores valores de fibra y altos de RPC, mientras que la mayoría de los cultivares y cepas, ofrecieron bajos valores de Porcentaje de cogollo y de materia extraña y altos valores de RPC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cadena M. Growth studies on the sugarcane plant. *Crop Sc. H.* 2017. pp. 795- 802.
2. Martínez CM y De León JB. Influencia de la calidad de la materia prima en el proceso tecnológico, calidad del producto final, y el rendimiento industrial en una fábrica de azúcar. *Rev. Centro Azúcar*, 2012. 39(3): pp. 28-34.
3. Reyes Y. Estudio de la influencia de las variedades de caña sobre los indicadores de eficiencia industrial en el Central "14 de Julio". Trabajo de Diploma. Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos, 2015. 32p.
4. Aucatoma BG, Castillo RO, Mendoza J y Garcés F. Factores que afectan la calidad de la caña de azúcar. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador – CINCAE, 2015. Carta Informativa CINCAE No. 1.
5. Gaikwad JC, Minura L y Mongelart B. 2014. Manejo Ecológico do solo. A agricultura em re-gioes tropicais Ed. Nobel, Sao Paulo, Brasil. 2000. Segunda Edición. 533p.
6. Navarro H y Rostgaard L. Impacto de la materia extraña en la calidad de los jugos de caña y en los indicadores de eficiencia de un central azucarero. *Rev. Centro Azúcar*, 2014. 41(1): 44-54.
7. ICINAZ-Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras. Manual de Métodos Analíticos para el Control Unificado. Azúcar Crudo (Partes I y II), Ministerio del Azúcar. 1996.
8. Rojas E. Factores que influyen en el RPC. Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba, 2012. pp. 35-36.
9. Jorge H, González A, Vera A y Guillén S. Consideraciones sobre el pago por calidad de la materia prima a partir del rendimiento potencial en caña (RPC). *Revista ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*. 2019. 52(2): 3-7.
10. Bernal N. Clasificación de ambientes en las provincias de Holguín, Las Tunas y Granma en los estudios de regionalización de variedades de caña de azúcar. Tesis para optar por el grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas. 1986. INICA, MINAZ, 106p.
11. González RM. Establecimiento de las bases para el mejoramiento y la obtención de variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) de alto contenido azucarero y madurez temprana. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana, 1997. 107p.
12. Delgado I. Perfeccionamiento de la recomendación de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) del programa de mejoramiento genético, según el período y momento óptimo de maduración. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. 2022. 98p.
13. Rosas J, Galindo H, Lee O y Gómez A. Variabilidad genética en 22 variedades híbridas de caña de azúcar (*Saccharum spp.* *Rev. Híbrido*. 2010. 79: pp. 1-13.
14. Shikanda E, Jamoza J y Kiplagat O. Genotypic evaluation of sugarcane (*Saccharum spp.* Hybrids) clones for sucrose content in western Kenya. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2017. 9(3): 30-36. DOI: 10.5897/JPBCS2016.0618.