

# Selección simultánea por rendimiento y por capacidad de retoñar, en cultivares de caña de azúcar

Wilfre Abiche-Maceo\*, Yaquelín Puchades-Izaguirre, Reynaldo Rodríguez-Gross, Omara Ferrera-Fernández  
Instituto Cubano de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA-SC)

Carretera Central, Km 2 ½, Los Coquitos. Palma Soriano, Santiago de Cuba

\* [wilfre.abiche@inicas.cu](mailto:wilfre.abiche@inicas.cu)

## RESUMEN

**Introducción.** La capacidad de retoñar de la caña de azúcar aumenta la economía de la producción agrícola, al reducir la frecuencia de plantación. Esta es una práctica común en todo el mundo, ya que las cepas de retoño ocupan casi el 50 % del área total de cultivo.

**Objetivo.** Implementar la selección simultánea de nuevos cultivares, para incrementar el rendimiento y la capacidad de retoñar en ensayos multiambientales.

**Materiales y Métodos.** Se analizaron los datos de rendimiento de caña ( $t$  caña/ $ha^{-1}$ ), recopilados de dos ensayos plantados en los ciclos de primavera (mayo) y frío (septiembre) y cosechados desde la planta hasta la segunda cosecha, en los que se incluyeron seis nuevos cultivares y dos testigos.

**Resultados y Discusión.** Hubo diferencias significativas en los parámetros analizados entre los cultivares en prueba, lo que indica potencial para la detección simultánea de genotipos de mayor rendimiento y buenos retoños.

**Conclusiones.** El método descrito aumentaría la eficiencia de selección del programa de mejoramiento genético de la caña de azúcar.

**Palabras clave:** capacidad de retoñar, mejoramiento genético, rendimiento agroindustrial.

## ABSTRACT

**Introduction.** The ratooning ability of sugarcane increases the economy of agricultural production by reducing the frequency of planting. This is a common practice around the world as ratoon crops occupy almost 50 % of the total cultivation area.

**Objective.** To implement a simultaneous selection of new cultivars for yield and ratooning ability in multi-environmental trials.

**Materials and Methods.** Cane yield data ( $tons\ ha^{-1}$ ) collected from two trials planted in the spring (May) and cold cycle (September) were analyzed, and harvested from the plant to the second harvest, in which six new cultivars and two controls were included.

**Results and Discussion.** There were significant differences in the analyzed parameters between the test cultivars, indicating potential for the simultaneous detection of higher-yielding genotypes and good ratooning.

**Conclusions.** The described method would increase the selection efficiency of the sugarcane genetic improvement program.

**Keywords:** ratooning ability, breeding, agroindustrial performance.

## INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum spp*) es uno de los cultivos más importantes del mundo por su posición estratégica y su uso en la vida cotidiana de cualquier nación. Sirve como la principal fuente de

azúcar para alimentos y bebidas, producción de biocombustible y materia prima básica para varias industrias de base agrícola (1).

En los últimos 50 años, la producción mundial de caña de azúcar casi se triplicó, principalmente debido a la creciente demanda de azúcar y etanol. El incremento del rendimiento agrícola se atribuye, en parte, al mejoramiento genético de los cultivares adaptados a entornos específicos de destino (2). Al mismo tiempo, los avances en las técnicas de manejo, la fertilización y el riego han contribuido a aumentar la productividad del cultivo (3).

La economía del cultivo de la caña de azúcar depende de la capacidad de retoñar del cultivar seleccionado, los de mejor respuesta permiten reducir el costo de la producción. En este contexto, los mejoradores de caña de azúcar deben comprender la importancia de esta característica para identificar y explotar un cultivar estable, para una región en particular (4).

La agroindustria azucarera cubana enfrenta hoy una compleja situación económica, tecnológica y territorial-social (5). En los últimos años los indicadores productivos en las plantaciones comerciales han presentado una tendencia desfavorable. El número de tallos, población, es el componente que más influye en el rendimiento agrícola de la caña de azúcar y, su reducido número, es la causa de bajas respuestas agroproductivas. El mejoramiento y la selección de cultivares con fuerte capacidad de retoñar es un enfoque técnico para resolver este problema de manera efectiva y debe contarse con un procedimiento efectivo para este fin.

Tanto desde la perspectiva de reducir los costos de producción como de mejorar la productividad, la capacidad de retoñar es el rasgo más importante para extender el número de años de retoños y aumentar el rendimiento del cultivo. El objetivo del presente trabajo es seleccionar, de forma simultánea, nuevos cultivares para los caracteres rendimiento y capacidad de retoñar, en ensayos multiambientales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se establecieron dos experimentos en el bloque experimental La Mantonia (latitud 20°28'14" y longitud 76°20'16"), en ciclos de primavera (mayo de 2018 a marzo de 2022) y frío (septiembre de 2017 a marzo de 2021). Los cultivares utilizados en los experimentos fueron: C06-551, C06-552, C06-553, C06-554, C06-555 y C06-556, así como los testigos C87-51 y C86-12. Las evaluaciones se realizaron en las cepas de caña planta, primer y segundo retoños.

Los experimentos fueron establecidos con un diseño de bloques completamente aleatorizados, en parcelas de 48 m<sup>2</sup>, con tres repeticiones. La evaluación fue conducida según las Normas y Procedimiento del Programa de Fitomejoramiento de la Caña de Azúcar en Cuba, del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (6). Las variables de cosecha determinadas fueron: rendimiento agrícola (t caña/ha<sup>-1</sup>), contenido azucarero (porcentaje de Pol) y rendimiento azucarero (t Pol/ha<sup>-1</sup>).

La capacidad de retoñar (CR) se calculó según la fórmula descrita por Milligan *et al.* (7) como:  $CR_i (\%) = \sum (R_i/PC) / i * 100$ .

Siendo:  $R_i$  = rendimiento cañero en el retoño evaluado;  $PC$  = rendimiento cañero en planta de caña;  $i$  = número de retoños.

Los datos fueron comprobados de acuerdo con su normalidad y homogeneidad de varianza, mediante pruebas de Chi cuadrado y Bartlett-Box F. Se determinó el efecto de los cultivares para cada una de las variables de la respuesta agroproductiva en cada una de las cosechas, mediante Análisis de varianza (ANDEVA) simple de efecto fijo y, de igual manera, se procedió con la capacidad de retoñar. Para la comparación de medias se empleó la Prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

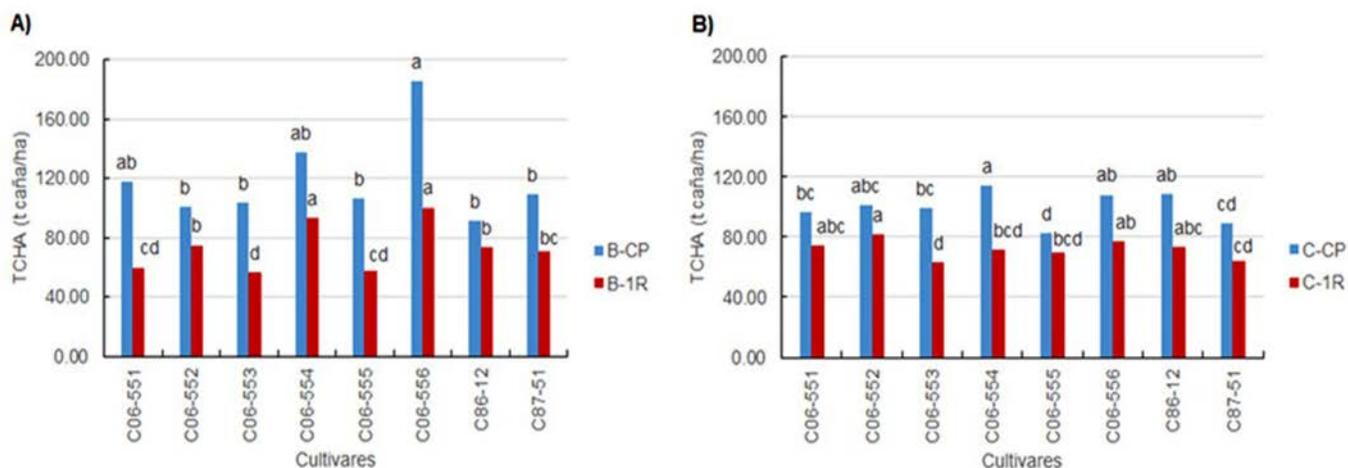
El análisis del rendimiento agrícola por ciclo de plantación y cepa mostró diferencias significativas entre cultivares (tabla 1). Se detectó mayor variabilidad en la cosecha del ciclo largo de primavera y la cepa de caña planta, lo que denota la importancia de la época de plantación y cosecha en la productividad del cultivo.

**Tabla 1.** Resultados del Análisis de varianza simple para la variable t caña/ha, por ciclo de plantación y cepa, en cultivares de caña de azúcar

F.V	GL	Ciclo de primavera				Ciclo de frío			
		CP		1R		CP		1R	
		CM		CM		CM		CM	
Variedad	7	2638.5	**	735.8	**	285.3	**	107.8	**
Réplica	2	200.1	ns	10.7	ns	39.1	ns	8.8	ns
Error	14	88.2		39.5		29.7		23.6	

FV= fuente de variación, GL= grados de libertad, CM= cuadrado medio CP=cepa de caña planta, 1R=cepa de primer retoño, \*\*= diferencias significativas  $p < 0.01$ .

La comparación múltiple de medias indicó que el cultivar C06-556 presentó un alto rendimiento cañero, en ambos ciclos de plantación y cepas, mientras que C06-554 mostró un buen desempeño en el ciclo de primavera y C06-552 en el de frío (figura 1). El rendimiento promedio de los estudios fue de 90.9 t caña/ha, dentro de estos, el más alto correspondió al de primavera de ciclo largo, cepa de caña planta, con un valor de 6.7 t caña/ha/mes.



**Figura 1.** Comparación de medias entre cultivares de caña de azúcar de la variable t caña/ha (TCHA) por ciclo de plantación y cepa. A) experimento de primavera. B) experimento de frío; CP: caña planta; 1R: primer retoño. Letras diferentes denotan diferencias significativas  $p < 0.01$ .

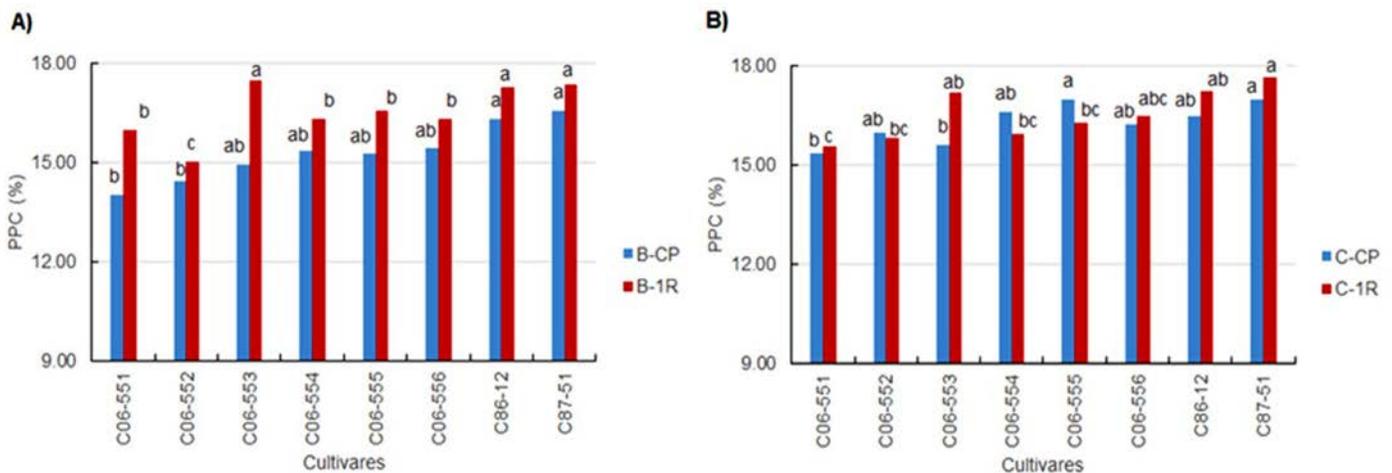
El análisis individual, por ciclo y cepa, de la variable contenido azucarero, expresado como porcentaje de Pol en caña también evidenció diferencias significativas entre variedades por ciclo de plantación y cosecha (tabla 2). Se observó menor variabilidad en este carácter que para el rendimiento agrícola, lo que demuestra mayor estabilidad y menos influencia del ambiente.

**Tabla 2.** Resumen de los resultados del Análisis de varianza simple, de la variable porcentaje de Pol en caña por ciclo de plantación y cepa, en cultivares de caña de azúcar

F.V	GL	Ciclo de primavera				Ciclo de frío			
		CP		1R		CP		1R	
		CM		CM		CM		CM	
Variedad	7	2.214	**	2.034	**	1.087	**	1.734	**
Réplica	2	0.369	ns	0.359	ns	0.316	ns	0.002	ns
Error	14	0.369		0.200		0.184		0.285	

F.V= fuente de variación, GL= grados de libertad, CM= cuadrado medio, B= experimento ciclo de primavera, C= experimento ciclo de frío, CP=cepa de caña planta, 1R= cepa de primer retoño, \*\*= diferencias significativas p<0.01.

La comparación múltiple de medias demostró la superioridad del testigo C87-51, solo igualado por los cultivares C06-553 y C06-555 en la cepa de retoño del ciclo de primavera y en caña planta de frío, respectivamente (figura 2). El contenido azucarero promedio de los estudios fue de 16.2 %; dentro de estos, el más alto correspondió a las cepas de retoño, con un valor de 16.5 %.



**Figura 2.** Comparación de medias entre cultivares de caña de azúcar, del porcentaje de Pol en caña (PPC), por ciclo de plantación y cepa. A) experimento de primavera (B). B) experimento de frío (C); CP: caña planta; 1R: primer retoño. Letras diferentes denotan diferencias significativas p<0.01.

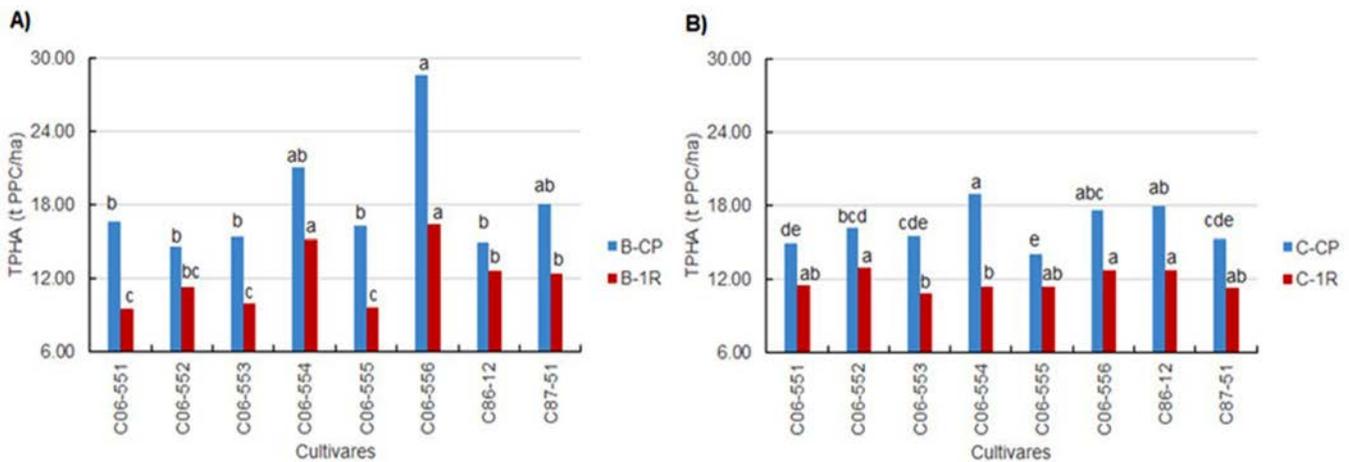
El análisis del rendimiento azucarero por ciclo de plantación y cepa mostró diferencias significativas entre cultivares en cada caso (tabla 3). Esta variable presentó mayor variabilidad en la cosecha del ciclo largo de primavera, cepa de caña planta, similar al rendimiento agrícola.

**Tabla 3.** Resumen de los resultados del Análisis de varianza simple de la variable rendimiento azucarero (t PPC/ha), por ciclo de plantación y cepa, en cultivares de caña de azúcar

F.V	GL	Ciclo de primavera				Ciclo de frío			
		CP		1R		CP		1R	
		CM		CM		CM		CM	
Variedad	7	50.478	**	20.133	**	8.389	**	2.184	**
Réplica	2	14.978	ns	1.094	ns	1.142	ns	0.051	ns
Error	14	12.253		0.687		0.629		0.627	

F.V= fuente de variación, GL= grados de libertad, CM= cuadrado medio, B= experimento ciclo de primavera, C= experimento ciclo de frío, CP=cepa de caña planta, 1R= cepa de primer retoño, \*\*= diferencias significativas p<0.01.

La comparación múltiple de medias indicó que los cultivares C06-554 y C06-556 exhibieron los mejores resultados, en ambos ciclos de plantación y cepas (figura 3). En el ciclo de frío, en la cepa de primer retoño, fue superior el cultivar C06-552. El rendimiento promedio de los estudios fue de 14.0 t PPC/ha. En el ciclo de frío, la cepa de caña planta presentó el valor más alto con 16.3 t PPC/ha, mientras que los retoños fueron las determinaciones más bajas con 12 t PPC/ha.



**Figura 3.** Comparación de medias entre cultivares de caña de azúcar, del rendimiento azucarero (t PPC/ha), por ciclo de plantación y cepa. A) experimento de primavera (B). B) experimento de frío (C); CP: caña planta; 1R: primer retoño. Letras diferentes denotan diferencias significativas p<0.01.

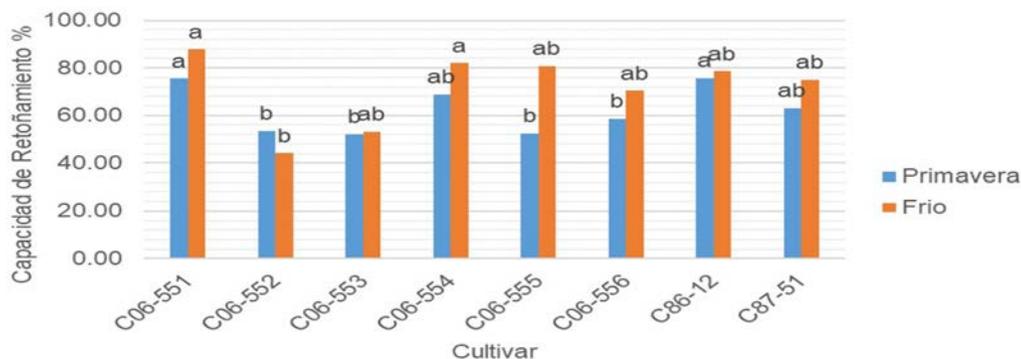
El análisis de la capacidad de retoñar mostró diferencias significativas entre cultivares, en ambos ciclos de plantación (tabla 4). Este hecho reafirma que el genotipo, el ambiente y las prácticas de manejo afectan la productividad y longevidad de los retoños, pero el factor más crítico es la base genética.

**Tabla 4.** Resumen de los resultados del Análisis de varianza simple de la variable capacidad de retoñar por ciclo de plantación, en cultivares de caña de azúcar

F.V	GL	Ciclo de Primavera		Ciclo de Frío	
		CM		CM	
Variedad	7	296.61	**	690.3	*
Réplica	2	50.99	ns	671.5	ns
Error	14	34.30		193.9	

F.V= fuente de variación, GL= grados de libertad, CM= cuadrado medio, \* = diferencias significativas p<0.05 o \*\* p<0.01.

La comparación múltiple de medias mostró que los cultivares de mejores resultados fueron C06-551 y C06-554 (figura 4). El cultivar C06-556 mostró valores similares a los testigos empleados, pero inferior en el ciclo de primavera. En el ciclo de frío se apreció una respuesta superior a la de primavera, probablemente asociado al mayor tiempo de cosecha en caña planta y al deterioro que puede ocurrir en este tipo de plantaciones que afecta las cepas, como se aprecia en la figura 4.



**Figura 4.** Comparación de medias entre cultivares de caña de azúcar de la capacidad de retoñar, por ciclo de plantación. Letras diferentes denotan diferencias significativas  $p < 0.01$ .

Los valores de rendimiento cañero determinados en este estudio se corresponden con los mínimos potenciales determinados para la Empresa Azucarera América Libre, a la cual se subordina la localidad experimental (8). Los autores afirman que, como promedio, es posible alcanzar en la provincia  $80.7 \text{ t caña/ha}^{-1}$  en la cepa de primavera quedada,  $74.6 \text{ t caña/ha}^{-1}$  en la de frío y  $57.7 \text{ t caña/ha}^{-1}$  en soca.

Los cultivares ideales, teóricamente, deben ser de alto y estable rendimiento y adecuados para diversos entornos (9). Para ello, una alternativa es hacer uso de los ensayos convencionales establecidos en localidades específicas, con múltiples cosechas, similar a los realizados en este trabajo. La desventaja de este enfoque es que hay un número menor de cultivares y estos pueden caracterizarse por una variabilidad limitada, debido a la selección dirigida a largo plazo; sin embargo, este enfoque proporciona una valiosa información (10).

Por otra parte, se considera que un cultivar tiene buena capacidad para retoñar si puede mantener su rendimiento agrícola y su alto potencial agroindustrial durante todo el ciclo del cultivo. Gomathi *et al.* (11) plantean que la brecha de rendimiento agrícola promedio entre la planta y el cultivo de retoño es del 20 al 25 %, lo cual es inferior al resultado de este trabajo, cuyo promedio está entre el 30 y 40 % para los estudios de frío y primavera, respectivamente. De igual manera los cultivares controles son superiores a los cultivares en estudio, entre un 7 y 9 %. Esto denota la necesidad de evaluar este carácter y considerarlo para la selección de nuevos genotipos.

En Cuba, el procedimiento utilizado para evaluar la capacidad de retoñar no tiene en cuenta los rendimientos, sino la variación del diámetro del tallo, altura de planta y número de tallos y su comparación con relación al testigo. El método empleado en este trabajo es muy útil para seleccionar, simultáneamente, nuevos cultivares de alto rendimiento y que retoñen bien.

## CONCLUSIONES

1. Los cultivares C06-554 y C06-556 presentaron los mejores resultados para los componentes del rendimiento agroindustrial y la capacidad de retoñar, entre todos los genotipos evaluados de la selección 2006.
2. El procedimiento descrito para determinar la capacidad de retoñar de la caña de azúcar es útil para la selección simultánea de nuevos cultivares, con alto rendimiento y buena capacidad para retoñar.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Heliyanto, B. *et al.* Development of high yielding sugarcane varieties for rainfed areas: yield multilocation trial of promising sugarcane clones. IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci. 2020, 418 012065.
2. Yadav, S. *et al.* Accelerating Genetic Gain in Sugarcane Breeding Using Genomic Selection. *Agronomy*, 2020, 10, 585; doi: 10.3390/agronomy10040585.
3. De Morais, *et al.* Breeding of sugarcane. In *Industrial Crops: Breeding for BioEnergy and Bioproducts*; Cruz, V.M.V., Dierig, D.A., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 2015. pp. 29–42.
4. Xu, F. *et al.* Sugarcane Ratooning Ability: Research Status, Shortcomings, and Prospects. *Biology (Basel)*. 2021; 10(10): 1052. doi: 10.3390/biology10101052.
5. Nova, A. (2023). (15 de enero 2023). Urge salvar agroindustria azucarera para desarrollo económico cubano. Inter Press Service en Cuba. En: <https://www.ipscuba.net/espacios/urge-salvar-agroindustria-azucarera-para-desarrollo-economico-c> visitado el 10 de febrero de 2023.
6. Jorge, H. *et al.* Normas y Procedimiento del Programa de fitomejoramiento de la Caña de Azúcar en Cuba. La Habana, Cuba, Publinica. 2011. 308 p.
7. Milligan, Scott B., Kent A. Gravois, and Freddie A. Martin. Inheritance of sugarcane ratooning ability and the relation of younger crop traits to older crop traits. *Crop Science*, 1996, 36: 45–50.
8. Pablos, P. *et al.* Caracterización de la Empresa Azucarera Santiago de Cuba. *Cuba & Caña*, 2014, 1: 2-6.
9. Chen, *et al.* *Modern Sugarcane Genetic Breeding*. Beijing, China: China Agriculture Press; 2011: 525 p.
10. Duma, S.W., Shimelis, H., Ramburan, S., Shayanowako, A.I.T. Genotype-by-region interactions of released sugarcane varieties for cane yield in the South African sugar industry. *Journal of crop improvement*, 2019, 33(4): 478–504.
11. Gomathi, R. *et al.* Physiological studies on ratoon ability of sugarcane varieties under tropical Indian condition. *Am. J. Plant Sci.*, 2013, 4, 274–281.