

# Caracterización morfoagronómica de 25 clones de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni.), en condiciones del valle del Sinú medio.

## Morphoagronomical characterization of 25 clones of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni.), in conditions of the middle Sinú valley.

Ana I. Pico-González<sup>1\*</sup>; Hermes Araméndiz-Tatis<sup>1</sup>; Dairo J. Pérez-Polo<sup>1</sup>

Recibido para publicación: septiembre 10 de 2020- Aceptado para publicación: diciembre 27 de 2020

### RESUMEN

El cultivo de estevia es una actividad agrícola viable en Colombia y la región Caribe, que se fundamenta en el clon Morita II, representado un alto riesgo ante factores bióticos y abióticos. Por tal razón, la caracterización morfoagronómica de 25 clones de la colección de germoplasma en la Universidad de Córdoba, es importante con el fin de agruparlos de acuerdo a su afinidad genética e identificar y seleccionar los de mayores ventajas agronómicas. Para tal fin, se aplicaron 19 descriptores morfo-agronómicos (11 cuantitativos categorizados y ocho cualitativos); se realizó un dendograma mediante el método de Ward para la distinción entre grupos y un análisis multivariado de componentes principales para identificar los descriptores que más aportaron a la variabilidad. Se identificaron dos componentes principales, el primero, aportando un 47,74% y el segundo, un 21,67% de la variación total, soportado por caracteres relacionados con el rendimiento; así mismo, la identificación de seis clones de floración tardía, buena producción de hoja seca y hábito de crecimiento erecto, lo que resulta de interés para adelantar programas de mejoramiento genético en la especie.

**Palabras clave:** Análisis de componentes principales; Recurso fitogenético; Variabilidad genética.

### ABSTRACT

Stevia cultivation is a viable agricultural activity in Colombia and the Caribbean region, which is based on the Morita II clone, representing a high risk of biotic and abiotic factors. For this reason, the morphoagronomic characterization of 25 clones from the germplasm collection at the University of Córdoba is important in order to group them according to their genetic affinity, and to identify and select those with the best agronomic advantages. For this purpose, 19 morpho-agronomic descriptors were applied (11 quantitative and 8 qualitative); a dendrogram was performed using Ward's method to distinguish among groups and a multivariate analysis of principal components to identify the descriptors that contributed to variability. Two main components were identified, the first, contributing with 47,74% and the second with 21,67% of the total variation, supported by performance-related characters. Likewise, the identification of 6 late flowering clones, dry leaf production and erect growth habit, which is of interest to advance in genetic breeding programs in the species.

**Keywords:** Analysis of main components; Plant genetic resources; Genetic variability.

#### Cómo citar

Pico-González, A.I., Araméndiz-Tatis, H. y Pérez-Polo, D.J. 2020. Caracterización morfoagronómica de 25 clones de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni.), en condiciones del valle del Sinú medio. *Temas Agrarios* 25(2):106-116. <https://doi.org/10.21897/rta.v25i2.2365>



Temas Agrarios 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la Licencia Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>), que permite copiar, redistribuir, remezclar, transformar y crear a partir del material, de forma no comercial, dando crédito y licencia de forma adecuada a los autores de la obra.

## INTRODUCCIÓN

*Stevia rebaudiana* Bertoni, es una planta originaria del sudeste de Paraguay, familia de las *Asteráceas*, conocida como “hoja dulce”. Es un arbusto perenne que se utiliza para la producción comercial por un período de cinco o más años (Duran *et al.*, 2012). Contiene en sus hojas, agentes edulcorantes naturales sin aporte calórico, siendo los primarios el esteviósido y los rebaudiósidos A y C (Xiang *et al.*, 2019); es empleada para el consumo como sustituto de la sacarosa, con efectos positivos sobre la salud en los tratamientos contra el sobrepeso y diabetes al no incrementar los niveles de azúcar en la sangre, enfermedades que pueden conducir al desarrollo de múltiples complicaciones (Vaghela y Soni 2020).

Conocer la diversidad del germoplasma en las especies, es vital para el éxito de un programa de mejoramiento genético. Poblaciones con variabilidad genética limitada, representan una amenaza para la evolución de una especie por su vulnerabilidad a factores bióticos y abióticos. Así mismo, para lograr avances importantes en el mejoramiento genético en poblaciones con caracteres de interés, pues el efecto fundador es una limitante en el progreso genético, sobre características como rendimiento de biomasa, arquitectura de la planta, contenido de esteviósidos, entre otros. Por lo tanto, la caracterización de los recursos fitogenéticos nos permite discriminar las accesiones y la disponibilidad de rasgos útiles en los bancos de genes (Tang *et al.*, 2012; Egbadzor *et al.*, 2014; Correa *et al.*, 2019); lo cual constituye un paso importante para la identificación e hibridación de padres con miras a la obtención de progenies que expresen mejores atributos agronómicos (Othman *et al.*, 2018; Cosson *et al.*, 2019).

Reportes sobre caracterización en estevia realizados por Othman *et al.* (2018), en cultivares originarios de Malasia y Paraguay, revelaron la existencia de una amplia

variabilidad genética entre las accesiones de estevia; de igual forma, Francisco *et al.* (2018), identificaron clones promisorios para el desarrollo de nuevas variedades de estevia con genotipos brasileños. Sin embargo, Kumari *et al.* (2018), recomiendan realizar más trabajos de caracterización en este cultivo, que permitan descubrir cultivares potenciales desde el punto de vista químico y agronómico en otros países.

El mercado actual demanda cultivares adaptados a condiciones tropicales, con rendimientos de biomasa de 4.100 a 7.000 kg. ha<sup>-1</sup> (Parris *et al.*, 2016) y de esteviósidos entre 720 a 1023 kg. ha<sup>-1</sup> (Munz *et al.*, 2018), lo cual surge ante la demanda de edulcorantes en el mercado mundial (Angelini *et al.*, 2018; Mahajan y Pal 2021). Así mismo, cultivares que presenten floración tardía, erectos, con tolerancia a factores bióticos y abióticos, con esteviósidos de alta calidad fuera de los centros tradicionales de producción, principalmente rebaudiósido A (Parris *et al.*, 2016) y una mayor relación rebaudiósido A/esteviósido, que defina la calidad de la hoja (Hernández *et al.*, 2016).

Por tanto, el objetivo de la presente investigación consistió en caracterizar morfoagronómicamente 25 clones de estevia seleccionados bajo condiciones del valle del Sinú medio, con el fin de agruparlos de acuerdo con su afinidad genética e identificar y seleccionar los de mayores ventajas agronómicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el año 2017 en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Córdoba, localizada en las coordenadas geográficas 8°47' de Latitud N y a los 75°51' de Longitud W con respecto al meridiano de Grengwich, con precipitación promedio de 1141,6 mm, humedad relativa del 79%, temperatura promedio anual de 28,3°C (IDEAM 2017) y

zona de vida denominada bosque seco tropical (bs-T), según la clasificación de Holdridge (Palencia *et al.*, 2006).

El establecimiento en campo se realizó en febrero del año 2017, en un área de 116,3 m<sup>2</sup>, bajo un diseño completamente al azar, con 25 tratamientos. La distancia entre plantas fue de 0,20 m y entre surco 0,40 m, para una densidad de 125.000 plantas. ha<sup>-1</sup>. Cada unidad experimental estuvo conformada por dos surcos, con ocho plantas en cada surco para un total de 16 plantas por tratamiento, distribuidas al azar, conformando así 400 plantas efectivas y 96 de borde, utilizando el cultivar Morita II.

Las prácticas culturales se realizaron considerando las indicaciones de Jarma *et al.* (2005), se estableció un sistema de protección con polisombra a una altura de 2,5 m, para un nivel de radiación incidente del 46% (promedio de radiación 320,3  $\mu$ moles fotones. m<sup>-2</sup>. s<sup>-1</sup>). Posteriormente, se hizo un ahoyado a 10 cm de profundidad, el cual se relleno antes del trasplante con lombriabono (40g), compost (pH de 7,9 y conductividad de 0,60 dS/m) y arena en mezcla (223g). De igual manera, se realizó fertilización foliar cada 15 días con elementos menores con una dosis de 2 cc/ litro de agua y NPK de forma foliar en dosis de 4 cc/litro de agua.

El control de arvenses se realizó previo al establecimiento del experimento, con la aplicación de la mezcla de 200cc del ingrediente activo Glifosato+100cc de Diuron, en 20L de agua antes del establecimiento del cultivo en campo.

El manejo de problemas fitosanitarios, para el caso de ácaros (*Tetranychus urticae*) y Thrips (*Thrips stevi*) con Abamectina en dosis de 2 cc/litro agua y enfermedades foliares con Azoxistrobin y Difenconazol, a razón de 2cc/ litro de agua.

Las variables de respuesta fueron ocho cualitativas y once cuantitativas, considerando los descriptores propuestos por Araméndiz (2014), por ser más representativos para discriminar germoplasma de estevia. Para la toma de información de las variables cualitativas, éstas se realizaron sobre la base de diez plantas, atendiendo los criterios de guía propuestos por el mismo autor y que correspondieron a pubescencia del tallo, forma de la hoja, pubescencia de la hoja, color de la hoja, borde de la hoja, capacidad de rebrote, color de la flor y hábito de crecimiento. Las evaluaciones se realizaron mediante observación visual previo a la realización de la cosecha, se detectaron las variaciones morfológicas ocurridas en las plantas de los diferentes clones. Se empleó estadística descriptiva para el cálculo de la frecuencia de aparición (%) de las variantes evaluadas para cada atributo cualitativo estudiado y se determinó la moda para cada variable.

Adicionalmente, fueron medidos once caracteres cuantitativos considerando cinco plantas en competencia y tomadas al azar en cada unidad experimental, los datos fueron categorizados y corresponden a número de tallos verticales y número de nudos del tallo principal, a través de conteo; diámetro del tallo, con la ayuda de un nonio o pie de rey, expresado en cm; longitud de los entrenudos, longitud y ancho de la hoja, con la ayuda de una regla indicada en cm; número de brotes laterales primarios y secundarios, a través de conteo; días a floración, en días con la emisión del primer botón floral; altura de la planta, desde la base del tallo hasta el ápice del tallo principal antes de la cosecha, en cm y rendimiento de hoja seca, expresado en kg.ha<sup>-1</sup>, se realizó el corte de la planta manteniendo tres pares de hojas, y se obtuvo el peso fresco y peso seco en gramos, con una balanza analítica marca Precisa modelo BJ410C. Para la determinación del peso seco, se llevaron las muestras a estufa de secado marca DiEs en el laboratorio, durante 72 horas, a 70°C (De Lima *et al.*, 2004).

Para el estudio de estas variables cuantitativas, se realizó un análisis descriptivo considerando el valor de la media, el valor mínimo, el valor máximo, la desviación estándar y los coeficientes de variación. De igual manera, se realizó un dendrograma mediante el método de agrupamiento jerárquico de Ward, que permitió apreciar gráficamente las afinidades entre genotipos y a su vez, un Análisis de Componentes Principales (ACP). Todos los datos se procesaron en el programa estadístico R versión 3.3.2 (R 2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de caracteres cualitativos

Desde el punto de vista morfológico, los clones acusaron variación en la pubescencia del tallo, forma de la hoja, color de la hoja, capacidad de rebrote y hábito de crecimiento, más no en las características asociadas con la pubescencia de la hoja, borde de la hoja y color de la flor. Las características con mayor polimorfismo corresponden a la forma de hoja, donde la modalidad lanceolada, registró un 48%, seguida de la forma elíptica con 40% y ovalada con un 12% y hábito de crecimiento, donde el 60% de los clones acusaron hábito erecto, seguido de un 24% del hábito postrado y un 16% del hábito semierecto (Tabla 1).

La pubescencia del tallo presentó un 48% de tallos glabros y 52% de tallos pubescentes; el color de la hoja predominante fue verde oscuro, con un 68%, seguido del verde medio, con un 32% y en la capacidad de rebrote, se observó que un 96% de los clones con la capacidad de hacerlo y un 4% de no hacerlo (Tabla 1).

De acuerdo con los resultados consignados para estas características, existe variabilidad genética muy útil, para identificar clones con características agronómicas deseables, como lo reportaron Othman *et al.* (2018) y Clemente *et al.* (2021), lo cual es resultado del proceso

evolutivo, sobresaliendo la presencia de clones de hábito de crecimiento erecto, con capacidad de rebrote, hojas lanceolada, que permite una mayor eficiencia fotosintética, por la captura de altos niveles de radiación solar, que favorece un mayor crecimiento de la planta, e incidiendo en el rendimiento de hoja seca (Munz *et al.*, 2018), dado que una alta relación hoja-tallo, es deseable para una mayor producción de esteviósidos (Hernández *et al.*, 2016; Francisco *et al.*, 2018) y reducción de la humedad en la parte basal con menores riesgos de enfermedades foliares.

El hecho de presentar buena capacidad de rebrote, favorece la realización de varias cosechas, y la presencia de tallo y hojas glabras, es ideal por su contenido de aceites esenciales como fitol, nerolidol y spathulenol (Benelli *et al.*, 2020), actuando como insecticidas efectivos y ecológicos contra pulgones, dado que éstos pueden causar daño en las hojas, lo que sería muy significativo al causar mermas en la producción de biomasa. Resultados semejantes en la caracterización de germoplasma, fueron obtenidos por Tateo *et al.* (1998), y corrobora lo expresado por Singh *et al.* (2017), quienes destacaron que los clones obtenidos a través del uso de semilla sexual generaron variabilidad genética que pudo ser aprovechada en el mejoramiento genético.

Las características pubescencia de las hojas, borde de la hoja y color de la flor, fueron 100% presente en los clones, siendo glabras, dentada y color blanco y, por lo tanto, carentes de evolución en la población estudiada.

### Análisis de caracteres cuantitativos

Los valores de la estadística descriptiva para cada característica están consignados en la tabla 2, donde el número de tallos verticales y rendimiento de hoja seca, presentaron los mayores coeficientes de variación, por acusar registros superiores al 60%, con valores

promedios de 1,56 tallos verticales y 467 kg. ha<sup>-1</sup>; en tanto que los coeficientes de variación menor al 20%, están asociados a la longitud de los entrenudos, longitud de la hoja y días a floración, con valores promedios de 0,81 cm, 4,67 cm y 71 días a floración. Las demás características presentaron variación entre 27,16% y 43,87%.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la variación genética observada entre dichos clones (Othman *et al.*, 2018) posibilita identificar y seleccionar genotipos deseados para llenar las expectativas de productores, al presentar días floración igual o superior a 95 días, favorables valores en número de tallos verticales, longitud y ancho de la hoja,

**Tabla 1.** Modalidades, frecuencia y porcentaje de características cualitativas, evaluadas en 25 clones de *Stevia rebaudiana* (Bertoni), en Montería-Córdoba.

Característica	Modalidad	Frecuencia	Porcentaje
Pubescencia del tallo	Glabro	12	48
	Pubescente	13	52
Forma de la hoja	Lanceolada	12	48
	Elíptica	10	40
	Ovalada	3	12
Pubescencia de la hoja	Glabra	25	100
	Pubescente	0	0
Color de la hoja	Verde claro	0	0
	Verde medio	8	32
	Verde oscuro	17	68
Borde de la hoja	Liso	0	0
	Dentado	25	100
Capacidad de rebrote	Sí	24	96
	No	1	4
Color de la flor	Blanca	25	100
	Otro	0	0
Hábito de crecimiento	Erecto	15	60
	Semierecto	4	16
	Postrado	6	24

considerando que las características de la hoja, acusan una correlación positiva con el contenido de esteviósido y rebaudiósido A de acuerdo con Singh *et al.* (2017), puesto que un ciclo vegetativo más prolongado, permite una mayor altura de la planta, acumulando mayor cantidad de hojas debido a la presencia de más brotes laterales primarios y secundarios (Srivastava 2014; Othman *et al.*, 2018) por

ende de esteviósidos, mejorando así la relación rebaudiósido A/esteviósido, que define la calidad de la hoja (Hernández *et al.*, 2016), este parámetro también se ve influenciado por la oferta ambiental, puesto que, los resultados obtenidos por Rachmawati y Asiyah (2017), indican que los niveles de esteviósido incrementan conforme la intensidad lumínica decrece.

**Tabla 2.** Estadística descriptiva para caracteres cuantitativos, evaluadas en 25 clones de *Stevia rebaudiana* (Berton), en Montería – Córdoba.

Parámetro	Muestra	Promedio	Mínimo	Máximo	D. Estándar	CV (%)
NTV	25	1,56	1,00	5,00	1,00	64,10
NNTP	25	6,52	3,00	14,00	2,86	43,87
DT	25	0,58	0,18	0,90	0,22	37,93
LE	25	0,81	0,72	0,95	0,06	7,41
LH	25	4,67	3,10	6,00	0,84	17,99
AH	25	1,62	1,20	3,00	0,44	27,16
NBLP	25	8,80	2,00	17,00	3,55	40,34
NBLS	25	9,36	3,00	15,00	3,63	38,78
DF	25	71	65,00	95,00	10,17	14,30
AP	25	20,60	15,40	38,60	5,61	27,23
RDTO	25	467,40	140,76	1123,04	326,70	69,90

NTV=número de tallos vertical; NNTP: número de nudos del tallo principal; DT: diámetro del tallo; LE: longitud de entrenudos; LH: longitud de la hoja; AH: ancho de la hoja; NBLP: número de brotes laterales primarios; NBLS: número de brotes laterales secundarios DF=días a floración; AP= altura de planta a inicio de floración; RDTO= rendimiento de hoja seca por hectárea.

Considerando que el rendimiento de hoja seca es importante con respecto a la síntesis de esteviósidos y rebaudiósido A, los rendimientos de los clones oscilaron entre 140,76 a 1123,04 kg. ha<sup>-1</sup>, muy inferiores a los de Francisco *et al.* (2018), quienes reportaron valores entre 2,8 y 4,0 t. ha<sup>-1</sup>, para la primera cosecha, esta diferencia se sustenta en carecer de días largos (>11,30 horas) y alta intensidad solar, que facilita un mayor período vegetativo, ya que cuando la planta inicia la floración, los fotoasimilados se acumulan en la flor y declina la fase vegetativa (Guerrero *et al.*, 2015; Clemente *et al.*, 2021).

### Análisis de componentes principales (ACP)

El ACP consignado en la tabla 3, registró dos componentes con valor propio superior a 1,0 resultados que concuerdan con los reportados por Adewale *et al.* (2010); Terzic *et al.* (2012);

Gerrano *et al.* (2015), acumulando una varianza total del 69,4%.

El primer componente explicó el 47,74% de la variación total, muy cercano al 50% y obedece principalmente a variables asociadas con el rendimiento, en su orden de contribución están el número de días a floración, rendimiento de hoja seca y número de brotes laterales primarios, resultados similares a los obtenidos por Abdelsalam *et al.* (2016), y son variables que como lo indican Clemente *et al.* (2021), tienden a incrementar desde el punto de máximo crecimiento vegetativo, hasta el inicio de floración. El segundo componente, explicó el 21,67% de la variación total, sustentado por el aporte de la altura de la planta al inicio de floración y rendimiento de hoja seca, que se contraponen principalmente con el número de nudos del tallo principal y diámetro del tallo.

**Tabla 3.** Análisis de componentes principales para siete características agronómicas categorizadas en 25 clones de *S. rebaudiana* Bert.

Característica	Componente 1	Componente 2
NNTP	-0,251	-0,492
DT	-0,312	-0,345
NBLP	-0,425	-
NBLS	-0,367	-0,241
DF	-0,499	-0,104
AP	-0,229	0,636
RDTO	-0,472	0,396
Valor propio	1,82	1,23
% Varianza	47,74	21,67
<b>% Var. Acumulada</b>	<b>47,74</b>	<b>69,41</b>

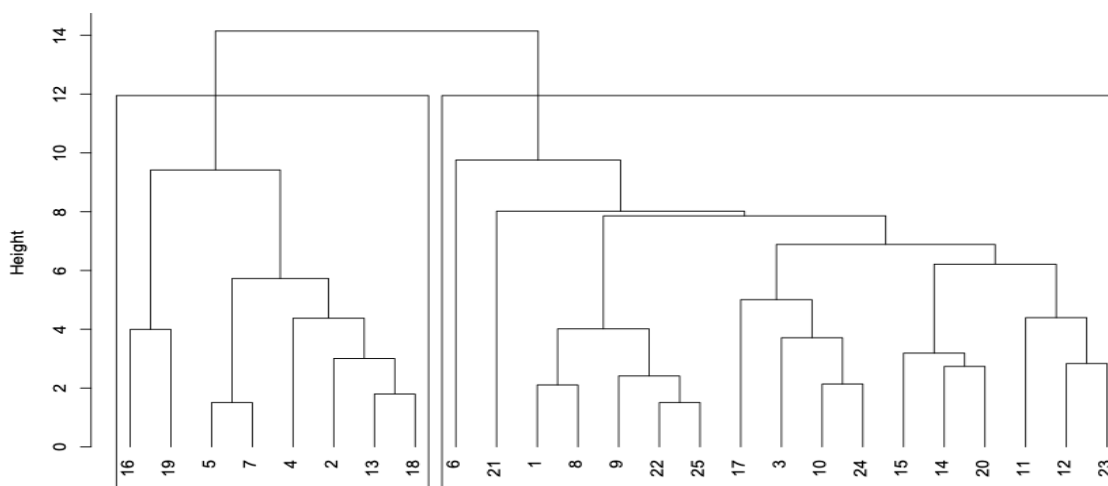
NNTP: número de nudos del tallo principal; DT: diámetro del tallo; NBLP: número de brotes laterales primarios; NBLS: número de brotes laterales secundarios; DF: días a floración después del trasplante; AP: altura de planta al inicio de floración; RDTO: rendimiento de hoja seca por hectárea.

### Clasificación jerárquica

El agrupamiento de los genotipos obtenido mediante las características fenotípicas por el método de agrupamiento jerárquico de Ward, señaló dos grupos cuya separación se dio a una distancia de 12 (Figura 1).

Un primer grupo, estuvo conformado por ocho clones (C16, C19, C5, C7, C4, C2, C13 y C18), destacándose los clones C4, C16, C19, C13 y

C18, cuya floración fue tardía y se les realizó una sola cosecha, a diferencia del resto de genotipos a los cuales se les realizaron dos cosechas. El grupo número dos por su parte, estuvo conformado por 17 clones, que corresponden a los genotipos C6, C21, C1, C8, C9, C22, C25, C17, C3, C10, C24, C15, C14, C20, C11, C12 y C23, clúster más grande y disperso que el grupo anterior, caracterizándose por estar constituido por cinco pequeños subgrupos.

**Figura 1.** Dendrograma para las características cualitativas y cuantitativas categorizadas de 25 clones de estevia.

El primer grupo en mención se caracterizó por ser mucho más tardío en cuanto a floración, favoreciendo la síntesis y acumulación de esteviósidos (Yadav *et al.*, 2011), mayor rendimiento de hoja, área foliar, intercepción de luz, CO<sub>2</sub> y fotosíntesis. De esta forma, plantas con hojas más largas que anchas, y arquitectura erecta son deseables, pues presentarán un mayor índice de área foliar (Hastoy *et al.*, 2019). Las plantas que crecen bajo condiciones protegidas presentan mayor capacidad de acumular más cantidad de biomasa sobre hojas y tallos, probablemente por niveles bajos de radiación y temperatura incidente (Jarma *et al.*, 2020). De igual forma, se ha reportado que la intercepción de luz se relaciona también con la arquitectura y la densidad de plantas por hectárea (Munz *et al.*, 2018).

Por otro lado, el grupo número dos sobresale, por su hábito de crecimiento erecto, presencia de 1 a 4 tallos verticales, hoja glabra, borde de la hoja dentado, caracteres similares fueron usados por Huber y Wehner (2021), para identificar cultivares superiores y ser usados en un programa de mejoramiento genético.

El hecho de tener un hábito de crecimiento erecto y tallos verticales es un aspecto agronómico favorable, primero, porque facilita la cosecha mecánica; toda vez que esta se realiza manualmente para los cultivares comerciales de hábito semiprostrado y segundo, por representar un menor riesgo por contacto de las hojas con el suelo que favorecen la presencia de patógenos como *Septoria* sp., *Fusarium* sp., y *Sclerotium* sp., que afectan raíces y hojas (Hastoy 2018), obligando a la aplicación de fungicidas, reduciendo así los costos de producción. Debnath *et al.* (2019), señalaron que incrementos en la altura de planta y longitud entre nudos, son indicadores de la tolerancia de los genotipos a varios tipos de estrés; precisamente, cultivares con mayor resistencia y resiliencia a disturbios ambientales, son objetivos del mejoramiento en estevia (Al-Taweel *et al.*, 2021).

## CONCLUSIONES

Existe variabilidad genética en los clones estudiados, que puede ser usada directamente en la selección de clones para ser utilizados como padres para la incorporación de características agronómicas de interés, tal es el caso de floración tardía, que permite una mayor producción de biomasa seca de hojas y el hábito de crecimiento erecto, que facilitan la cosecha mecánica.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que es un trabajo original y no existió conflicto de intereses de ningún tipo en la elaboración y publicación del manuscrito.

## REFERENCIAS

- Abdelsalam, N., Haraz, A., Khalid, A., Saleh, M. y Elsheikh, A. 2016.** Genetic Improvement through Selection of Different *Stevia rebaudiana* Genotypes. Alexandria Science Exchange Journal 37(1): 10-25.  
Doi: [10.21608/asejaiqjsae.2016.1902](https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2016.1902)
- Adewale, B., Okonj, C., Oyekanmi, A., Akintobi, D. y Aremu, C. 2010.** Genotypic variability and stability of some grain yield components of cowpea. Afr J Agric Res 5(9): 874-880.  
Doi: [10.5897/AJAR09.481](https://doi.org/10.5897/AJAR09.481)
- Al-Taweel, S., Azzam, C., Khaled, K. y Abdel-Aziz, R. 2021.** Improvement of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) and steviol glycoside through traditional breeding and biotechnological approaches. Journal of Breeding and Genetics 53(1): 88-111  
<https://tinyurl.com/83jfv4wv>
- Angelini L., Martini A., Passera, B. y Tavarini, S. 2018.** Cultivo de *Stevia rebaudiana* Bertoni and Associated Challenges. In: Mérillon JM., Ramawat K. (eds) Sweeteners. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham.  
Doi: [10.1007/978-3-319-27027-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27027-2_8)



- Araméndiz, H. 2014.** Descriptores para estevia (*Stevia rebaudiana* Bert.). Mimografiado. Universidad de Córdoba. 4p.
- Benelli, G., Pavela, R., Drenaggi, E., Maggi, F. and Desneux, N. 2020.** Phytol, (E)-nerolidol and spathulenol from *Stevia rebaudiana* leaf essential oil as effective and eco-friendly botanical insecticides against metopolophium dirhodum. Industrial Crops and Products 155(11).  
Doi: [10.1016/j.indcrop.2020.112844](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112844)
- Clemente, C., Angelini, L., Ascrizzi, R. and Tavarini, S. 2021.** *Stevia rebaudiana* (Bertoni) as a multifunctional and sustainable crop for the mediterranean climate. Agriculture 11(123): 1-17.  
Doi: [10.3390/agriculture11020123](https://doi.org/10.3390/agriculture11020123)
- Correa, E., León, R., Lobato, M., García, M., Muñoz, C. y Araméndiz, H. 2019.** Caracterización morfoagronómica de la colección de germoplasma de ají dulce (*Capsicum* spp.) del Caribe colombiano. Revista Temas Agrarios 24(2): 81-95  
Doi: [10.21897/rta.v24i2.1998](https://doi.org/10.21897/rta.v24i2.1998)
- Cosson, P., Hastoy, C., Errazu, L., Budeguer, C., Boutié, P., Rolin, D. and Schurdi-Levraud, V. 2019.** Genetic diversity and population structure of the sweet leaf herb *Stevia rebaudiana* B., cultivated and landraces germplasm assessed by EST-SSRs genotyping and steviol glycosides phenotyping. Revista Plant Biology 19 (436): 1-11.  
Doi: [10.1186/s12870-019-2061-y](https://doi.org/10.1186/s12870-019-2061-y)
- De Lima, O., Candeira, A. y Martínez, Z. 2004.** Sistemas de Produção Estévia. Embrapa, Dourados, 43-46.  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103385/1/SP5-2004.pdf>
- Debnath, M., Ashwath, N. and Midmore, D. 2019.** Physiological and morphological responses to abiotic stresses in two cultivars of *Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni. South African Journal of Botany 123(1): 124-132.  
Doi: [10.1016/j.sajb.2019.01.025](https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.01.025)
- Duran, S., Rodríguez, M., Córdón, K. and Record, J. 2012.** Estevia (*Stevia rebaudiana*), edulcorante natural y no calórico. Revista Chil. Nutr. 39(4): 203-206.  
Doi: [10.4067/S0717-5182012000400015](https://doi.org/10.4067/S0717-5182012000400015)
- Egbadzor, K., Ofori, K., Yeboah, M., Aboagye, L., Opoku-Agyeman, M., Danquah, E. and Offei, S. 2014.** Diversity in 113 cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) accessions assessed with 458 SNP markers. Springerplus 3(541): 1-15.  
Doi: [10.1186/2193-1801-3-541](https://doi.org/10.1186/2193-1801-3-541)
- Francisco, F., Pinto, G., Pereira, M., Kanis, L. and Deschamps, C. 2018.** Characterization of *Stevia rebaudiana* Bertoni accessions cultivated in southern Brazil. Journal of Agricultural Science 10(3): 353-363  
Doi: [10.5539/jas.v10n3p353](https://doi.org/10.5539/jas.v10n3p353)
- Gerrano, A., Adebola, P., Rensburg, W. and Laurie, S. 2015.** Genetic variability in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) genotypes. South African Journal of Plant and Soil 32(3): 165-174.  
Doi: [10.1080/02571862.2015.1014435](https://doi.org/10.1080/02571862.2015.1014435)
- Guerrero, D., Bär, A., Kryvenki, M. and Domínguez, M. 2015.** Evaluación morfológica y fenológica de 10 clones de yerba dulce (*Stevia rebaudiana*) según el tiempo térmico. Revista Investig. Agrop. 41(3): 317-324.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86443147015>
- Hastoy, C., Cosson, P., Cavaignac, S., Boutieb, P., Teguod, P., Rolina, D. and Schurdi, V. 2019.** Deciphering performances of fifteen genotypes of *Stevia rebaudiana* in southwestern France through dry biomass and steviol glycoside evaluation. Revista Industrial Crops and Products 128(1): 607-619.  
Doi: [10.1016/j.indcrop.2018.09.053](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.09.053)

- Hastoy, C. 2018.** Caractérisation de la variabilité phénotypique de ressources génétiques de *Stevia rebaudiana* (Bertoni): analyse des composantes du rendement et critères de sélection en condition de production. Tesis doctoral, Sciences agricoles. Université de Bordeaux. Francia.
- Hernández, J., Combatt, E., Jarma, A., Polo, J. y Rodríguez, L. 2016.** Rendimiento y calidad de hojas de *Stevia rebaudiana* Bert. bajo la oferta edafológica y dos niveles de radiación en cinco regiones de Colombia. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 19(1): 77-85. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/112/1311>
- Huber, B. and Wehner, T. 2021.** Performance of 16 *Stevia rebaudiana* seed cultigens for glycosides and yield in North Carolina. Revista Scientia Horticulturae 277(109803).  
Doi: [10.1016/j.scienta.2020.109803](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109803)
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). 2017.** Registros anuales de variables climatológicas, estación Turipaná-Cereté. <https://tinyurl.com/3vzfc6cw>
- Jarma, A., Combatt, E. and Jaraba, J. 2020.** Growth and development of *Stevia rebaudiana* Bert., in high and low levels of radiation. Current Plant Biology 22(1): 1-5.  
Doi: [10.1016/j.cpb.2020.100144](https://doi.org/10.1016/j.cpb.2020.100144)
- Jarma, A., Rengifo, T. y Araméndiz, H. 2005.** Aspectos fisiológicos de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en el Caribe colombiano: I. Efecto de la radiación incidente sobre el área foliar y la distribución de biomasa. Agronomía Colombiana 23(2): 207-216. <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v23n2/v23n2a03.pdf>
- Kumari, N., Raina, R. and Sharma, Y. 2018.** Interpopulation variations in morphochemical characteristics of *Stevia rebaudiana* Bertoni. Turkish Journal of Botany 42(4): 491-501.  
Doi: [10.3906/bot-1712-26](https://doi.org/10.3906/bot-1712-26)
- Mahajan, M. and Pal, P. 2021.** Attaining higher biomass and steviol glycosides yields of *Stevia rebaudiana* through adjustment of plant population and nitrogen rate. Industrial Crops and Products 165(2).  
Doi: [10.1016/j.indcrop.2021.113426](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113426)
- Munz, S., Präger, A., Merkt, N., Claupeina, W. and Graeff-Hönninger, S. 2018.** Leaf area index, light interception, growth and steviol glycoside formation of *Stevia rebaudiana* Bertoni under field conditions in southwestern Germany. Industrial Crops and Products 111(1): 520–528.  
Doi: [10.1016/j.indcrop.2017.11.021](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.11.021)
- Othman, H., Osman, M. and Zainuddin, Z. 2018.** Genetic variabilities of *Stevia rebaudiana* Bertoni cultivated in Malaysia as revealed by morphological, chemical and molecular characterizations. Revista Agrivita Journal of Agricultural Science 40(2): 267-283.  
Doi: [10.1016/j.indcrop.2017.11.021](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.11.021)
- Palencia, G., Mercado, T. y Combatt, E. 2006.** Estudio Agroclimático del Departamento de Córdoba. Gráficas del Caribe. Montería. 17. [https://www.researchgate.net/publication/333356934\\_Estudio\\_Agroclimatico\\_del\\_Departamento\\_de\\_Cordoba](https://www.researchgate.net/publication/333356934_Estudio_Agroclimatico_del_Departamento_de_Cordoba)
- Parris, C., Shock, C. and Qian, M. 2016.** Dry leaf and steviol glycoside productivity of *Stevia rebaudiana* in the Western United States. HortScience 51(10): 1220-1227.  
Doi: [10.21273/HORTSCI11149-16](https://doi.org/10.21273/HORTSCI11149-16)
- Rachmawati, D. and Asiyah, I. 2017.** Response and stevioside levels of stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) grown at different light intensity and water availability. Journal Pak. J. Bot. 49(5): 1689-1695. <https://tinyurl.com/nfchnef>
- R Development Core Team. 2015.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Version. 3.2.2. <http://www.r-project.org/>

- Singh, M., Saharan, V., Rajpurohit, D., Sen, Y., Sharma, A. and Joshi, A. 2017.** Criteria for selection of superior *Stevia rebaudiana* plant for propagation establishment. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 6(4): 1362-1365.  
Doi: [10.13140/RG.2.2.25023.36005](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25023.36005)
- Srivastava, S. 2014.** Influence of water stress on morpho-physiological and biochemical aspects of medicinal plant *Stevia rebaudiana*. *Life Sciences Leaflets* 49: 35-43.  
<https://tinyurl.com/dcyu5bpp>
- Tang, H., Tie, M., Luo, Q., Zhu, Y., Lai, J. and Li, H. 2012.** A Review of Molecular Markers Applied in Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) (Review) Breeding. *Journal of Life Sciences* 6(11): 1190-1199.  
<https://tinyurl.com/2aekcbzb>
- Tateo, F., Mariotti, M., Bononi, M., Lubian, E., Martello, S. and Cornara, L. 1998.** Stevioside content and morphological variability in a population of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni from Paraguay. *Revista Italian Journal of Food Science* 10(3): 261-267.
- Terzic, S., Atlagic, J., Maksimovic, I., Zeremski, T., Zoric, M., Miklic, V. and Balalic, I. 2012.** Genetic variability for concentrations of essential elements in tubers and leaves of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Revista Scientia Horticulturae* 36(1):135-144.  
Doi: [10.1016/j.scienta.2012.01.016](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.01.016)
- Vaghela, S. and Soni, A. 2020.** Comprehensive overview of *Stevia rebaudiana* and its secondary metabolite sweeteners. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 13(2): 26-138p.  
<https://tinyurl.com/3366apbz>
- Xiang, Z., Tang, X., Liu, W. and Song, Ch. 2019.** A comparative morphological and transcriptomic study on autotetraploid *Stevia rebaudiana* (Bertoni) and its diploid. *Plant Physiology and Biochemistry* 143(1): 154-164.  
Doi: [10.1016/j.plaphy.2019.09.003](https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.09.003)
- Yadav, A., Singh, S., Dhyani, D. and Ahuja, P. 2011.** A review on the improvement of *Stevia* (*Stevia rebaudiana* Bertoni). *Canadian Journal of Plant Science* 91(1): 1-27.  
Doi: [10.4141/cjps10086](https://doi.org/10.4141/cjps10086)