

## Caracterización morfológica y variabilidad genética en genotipos de los géneros *Vriesea* y *Guzmania* (Bromeliaceae) con potencial ornamental



*Morphological characterization and genetic variability in genotypes of the genera Vriesea and Guzmania (Bromeliaceae) with ornamental potential*

Guillén Morales, Sidey; Zúñiga Orozco, Andrés; Carrodegua Gonzalez, Ayerin

-  Sidey Guillén Morales  
sideym85@gmail.com  
Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica
-  Andrés Zúñiga Orozco  
azunigao@uned.ac.cr  
Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica
-  Ayerin Carrodegua Gonzalez  
ayerim2009@gmail.com  
Mejora Genética Vegetal, Costa Rica

Revista FAVE Sección Ciencias Agrarias  
Universidad Nacional del Litoral, Argentina  
ISSN: 2346-9129  
ISSN-e: 2346-9129  
Periodicidad: Semestral  
vol. 22, e0006, 2023  
revistafave@fca.unl.edu.ar

Recepción: 12 Mayo 2022  
Aprobación: 02 Marzo 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/586/5863579010/>

DOI: <https://doi.org/10.14409/fa.2023.22.e0006>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

**Resumen:** Las bromelias tienen un alto potencial comercial como especies ornamentales. La creación de nuevas variedades es de suma importancia para el mercado. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la variabilidad morfo agronómica de híbridos provenientes de cruces intra e interespecíficos de las especies *Guzmania lingulata*, *G. freya*, *G. wittmackii*, *G. conifera*, *G. zabnii* y el cultivar *Vriesea* "Electric". Se estudiaron diez grupos de plantas provenientes de cruces entre accesiones de *Guzmania* y *Vriesea* para una explotación comercial de bromelias entre los años 2017 y 2018, a los cuales se les midieron las variables cuantitativas: altura de la planta, diámetro de planta, longitud del pedúnculo, número de hojas, largo de hojas, ancho de hojas basales, longitud de la inflorescencia y diámetro de la inflorescencia. A dichas variables se les determinó estadígrafos descriptivos como media, CV y DE y se realizó un ANOVA con una prueba de separación de medias de Duncan al 0,05%. Las variables se sometieron a un análisis de componentes principales y de correlaciones de Pearson. En cuanto a resultados se obtuvo que el cruce 1 alcanzó los mayores valores para todas las variables excepto NH y DI, mientras, los cruces 4 y 6 mostraron los valores más bajos para la mayoría de las variables ( $p < 0,05$ ). Se encontró variables con alta correlación como el largo del pedúnculo (Lped) y altura de la planta (AP), largo de pedúnculo (Lped) y diámetro de planta (DP), largo de hoja (LH) y diámetro de planta (DP) y altura de inflorescencia (AI) con altura de la planta (AP). De forma general en el análisis de componentes principales se encontró que todas las variables, excepto el Diámetro de la Inflorescencia (DI), contribuyen a la variabilidad en los dos primeros componentes. De acuerdo con los análisis realizados y las variables cuantificadas se encontró suficiente variabilidad para desarrollar un programa de mejora genética.

**Palabras clave:** bromeliáceas, variabilidad, selección, fitomejoramiento, germoplasma.

**Abstract:** Bromeliads have a high commercial potential as ornamental species. The creation of new varieties is of utmost importance for the market. The objective of this research was to evaluate the morpho-agronomic variability of hybrids from

*intra and interspecific crosses of Guzmania lingulata, G. freya, G. wittmackii, G. conifera, G. zabnii and the Vriesea "Electric" cultivar. Ten groups of plants from crosses between accessions of Guzmania and Vriesea were studied for a commercial exploitation of bromeliads between 2017 and 2018, to which the quantitative variables were measured: plant height, plant diameter, peduncle length, number of leaves, length of leaves, width of basal leaves, length of inflorescence and diameter of inflorescence. Descriptive statistics were determined for these variables as mean, CV and SD and an ANOVA was performed with a Duncan mean separation test at 0,05%. The variables were subjected to an analysis of principal components and Pearson's correlations. Regarding results, it was obtained that crossing 1 reached the highest values for all the variables except NH and DI, while crossings 4 and 6 showed the lowest values for most of the variables ( $p < 0,05$ ). Highly correlated variables were found, such as peduncle length (Lped) and plant height (AP), peduncle length (Lped) and plant diameter (DP), leaf length (LH) and plant diameter (DP), and inflorescence height (AI) with plant height (AP). In general, in the principal components analysis, it was found that all the variables, except the Inflorescence Diameter (DI), contribute to the variability in the first two components. According to the analyzes carried out and the quantified variables, sufficient variability was found to develop a plant breeding program.*

**Keywords:** bromeliads, variability, selection, plant breeding, germplasm.

## INTRODUCCIÓN

Las bromelias son plantas monocotiledóneas originarias de América, excepto *Pitcairnia feliciana* (A. Chev.) Harms & Mildbr, que se confina a África. Son plantas epífitas, terrestres o litófitas con gran capacidad de adaptación a condiciones extremas y en su mayoría, se distribuyen en zonas tropicales y subtropicales (Hernández *et al.*, 2018). Brenes (2019) indica que de la familia Bromeliaceae, se han reportado 58 géneros con 3400 especies, de las cuales casi 200 especies han sido registradas en Costa Rica (5,8% del total mundial) abarcando 18 géneros (31,0% del total), de las cuales 32 son endémicas.

Debido a su origen tropical, las bromelias son consideradas exóticas en países con otros climas y se encuentran entre las plantas ornamentales de mayor cotización en el mundo, motivo por el cual los cultivadores continúan creando nuevas variedades. Mondragón *et al.* (2011) agregan que, por la belleza de su follaje y sus flores, resistencia a problemas bióticos y facilidad de cultivo, numerosas especies de bromeliáceas poseen un alto valor ornamental en el mercado mundial. Gracias al esfuerzo de los cultivadores profesionales de plantas y a programas de fitomejoramiento, existe gran cantidad de variedades disponibles durante todo el año en floristerías y centros de jardinería (Miranda *et al.*, 2007).

Los programas de mejoramiento genético son herramientas necesarias para ofrecer constantemente nuevos cultivares y tienen como materia prima la variabilidad genética existente o la que se pueda llegar a obtener. Ramírez y Chávez (2015) mencionan que es importante entender las características y naturaleza de la variación genética al alcance del fitomejorador, ya que algunas veces los recursos genéticos tienen una base genética extremadamente reducida.

Los programas de mejora genética tienen como objetivo la selección de los genotipos superiores dentro de una población o la creación de genotipos novedosos con características de interés para el mejorador, para esto se debe tener en cuenta los postulados y leyes de la genética. (Nieto, 2017; Camarena *et al.*, 2008).

De acuerdo con Nakayama *et al.* (2018), en los programas de mejoramiento, se debe partir de una base genética con amplia variabilidad que garantice el proceso de selección, ya que el programa consiste en tres fases: primeramente, se debe generar la variabilidad genética si no se encuentra disponible en el germoplasma estudiado y después, se seleccionan los mejores genotipos para evaluar su comportamiento en una tercera fase.

La variabilidad genética se puede cuantificar mediante marcadores bioquímicos, moleculares y morfológicos. La caracterización de los recursos fitogenéticos mediante marcadores morfológicos es una variante sencilla y de bajo costo de conocer la variabilidad genética de un germoplasma, diferenciar taxonómicamente los genotipos estudiados y seleccionar los marcadores morfológicos más adecuados, confiables y discriminantes (Hernández, 2013; Pragma *et al.*, 2010). Actualmente los marcadores morfológicos también se acompañan con marcadores moleculares para afinar los resultados.

En la familia Bromeliaceae, son escasos los estudios donde se utilicen marcadores morfológicos para evaluar diversidad genética. La mayoría de los estudios genéticos han sido enfocados en el uso de técnicas moleculares como RAPD (Vieira *et al.*, 2014) y microsatélites (Neri *et al.*, 2017).

En las condiciones del experimento, se estudió un germoplasma proveniente de cruces entre plantas de los géneros *Vriesea* y *Guzmania* (Bromeliaceae). Dado a que estos géneros son muy apreciados en el mercado ornamental, se procedió a evaluar la variabilidad obtenida de cruzamientos.

Por los antecedentes expuestos, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la variabilidad morfo agronómica de híbridos provenientes de cruces intra e interespecíficos de los géneros *Vriesea* y *Guzmania*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en una empresa de producción y mejoramiento de bromelias, la cual se ubica en la comunidad de Esquipulas del Cantón de Palmares, en la Provincia de Alajuela, Costa Rica. El clima de Palmares está clasificado como tropical, las condiciones climáticas del distrito están determinadas por una temperatura media de 23,5 °C, la humedad relativa es de 94%, las precipitaciones rondan alrededor de 2731 mm anuales, la altitud promedio es de 617 m.s.n.m. y se ubica en las coordenadas 10° 03' 00" N, 84° 26' 00" O/10,05°, -84,4333 (Climate-Data, 2021).

### Material genético

Se contó con diez grupos de plantas de diferentes especies e híbridos de *Guzmania lingulata*, *G. freya*, *G. wittmackii*, *G. conifera*, *G. zahnii* y el cultivar *Vriesea* "Electric", las cuales fueron utilizadas como parentales entre los años 2017 y 2018, en un proceso de polinización manual realizado previamente por una empresa de producción de plantas ornamentales especializada en bromelias.

La siembra de las plántulas se llevó a cabo entre el 2018 y 2019. La evaluación del material se realizó entre julio del 2020 y marzo del 2021 (alrededor de 2 a 3 años después de trasplante), cada cruce (10 tratamientos) se codificó para el procesamiento de los datos. La ejecución se llevó a cabo en este periodo por ser la etapa donde se muestra su periodo de floración y es el momento ideal para realizar la selección de las plantas que muestran los caracteres que inciden en el potencial ornamental y comercial.

## Evaluación de los híbridos

Se eligieron poblaciones de progenies provenientes de cruces entre híbridos comerciales, de las cuales estaban identificados sus respectivos progenitores (macho y hembra).

Posteriormente, se realizó la separación de las plantas en grupos de progenies y cada uno de estos fue debidamente rotulado con la información correspondiente como: número de cruce, código de identificación, parentales utilizados, fecha de polinización y de siembra. Para esta evaluación se tomaron entre 15-30 plantas de cada cruce y parental, según lo permitió la disponibilidad de plantas provenientes de las semillas sembradas.

Una vez seleccionados los parentales y las progenies, se evaluaron las variables morfológicas que se muestran en la figura 1, y se tomaron en cuenta las recomendaciones de otros estudios con objetivos similares (Sharma *et al.*, 2017, Bhajantri & Patil, 2016).

Las variables cuantitativas fueron: Diámetro de la planta en cm (DP), Altura de la planta en cm (AP), Largo del pedúnculo en cm (Lped), Número de hojas en unidades (NH), Largo de hojas en cm (LH), Ancho de hojas basales en cm (AH), Longitud inflorescencia en cm (LI), Altura de inflorescencia (AI) y Diámetro de inflorescencia en cm (DI) (ver fig.1).

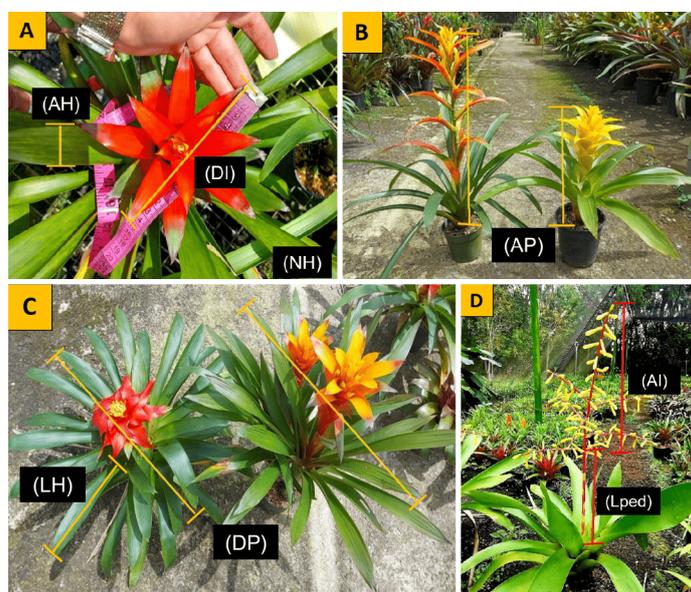


FIGURA 1 / FIGURE 1

Variables cuantitativas evaluadas en genotipos del género *Guzmania* sp. y *Vriesea* sp. (Bromeliaceae). A) Diámetro de inflorescencia en cm (DI), Ancho de hojas en cm (AH), Número de hojas en unidades (NH), Largo de hojas en cm (LH). B) Altura de la planta en cm (AP). C) Diámetro de planta en cm (DP). D) Altura de inflorescencia en cm (AI), Largo del pedúnculo en cm (LPed) y Longitud de inflorescencia en cm (LI). / *Quantitative variables evaluated in genotypes of the genus Guzmania sp. and Vriesea sp. (Bromeliaceae) A) Inflorescence diameter in cm (DI), Width of leaves in cm (AH), Number of leaves in units (NH), Length of leaves in cm (LH). B) Plant height in cm (AP). C) Plant diameter in cm (DP). D) Inflorescence height in cm (AI), Peduncle length in cm (LPed) and Inflorescence length in cm (LI)*

## Análisis de datos

Se calcularon estadígrafos descriptivos (media, coeficiente de variación, desviación estándar) para evaluar de manera preliminar el comportamiento de las progenies para cada una de las variables en estudio.

Se realizó un ANOVA con una prueba de separación de medias de Duncan al 5%. Todos los análisis estadísticos fueron realizados mediante el programa INFOSTAT®, versión 2020 (Balzarini *et al.*, 2008).

Se realizó un análisis de correlaciones fenotípicas de Pearson para las variables cuantitativas, para lo cual se consideraron como correlaciones altas, aquellas con valores por encima de 0,80, medias la que se encontraron entre los valores 0,40-0,80 y bajas las que estuvieron entre 0,20-0,40.

Posteriormente se efectuó un análisis de componentes principales (ACP). Se tomaron como valores significativos de los autovectores, aquellos mayores a la mitad del mayor valor absoluto en cada componente. Se procedió a hacer el ACP con varios componentes hasta alcanzar los componentes mínimos que describieran al menos el 70% de variabilidad del estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante la estadística descriptiva de la tabla 1, se registraron los datos de la Media, el mínimo (Min), máximo (Max) para cada cruce y la desviación estándar (Desv.Est) y coeficiente de variación (CV) para cada variable. Esto permitió mostrar la heterogeneidad de las variables evaluadas.

TABLA 1 / TABLE 1

Estadística descriptiva y resultados de la prueba Duncan para la separación de medias de los diez cruces evaluados. \*Medias con letras diferentes para una misma variable presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,0001$ ). / Descriptive statistics and results of the Duncan test for the separation of means of the ten crosses evaluated. \*Means with different letters for the same variable present statistically significant differences ( $p < 0,0001$ )

Cruce	Estadística Descriptiva	DP	AP	LPed	NH	AH	LH	AI	DI
		(cm)	(cm)	(cm)		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
1 <i>G. lingulata</i> 001 x <i>G.</i> <i>zahnii</i>	Media	101,9 <sup>a</sup>	72,6 <sup>a</sup>	36,6 <sup>a</sup>	26,3 <sup>cd</sup>	4,7 <sup>a</sup>	60,0 <sup>a</sup>	28,7 <sup>a</sup>	10,1 <sup>d</sup>
	Min	60	35	19	16	3,5	36	20	5
	Max	120	100	47	34	5,5	66	40	14
2 <i>G. lingulata</i> 001 x <i>G.</i> <i>lingulata</i> 002	Media	55,9 <sup>d</sup>	27,5 <sup>d</sup>	8,1 <sup>ef</sup>	27,0 <sup>cd</sup>	3,4 <sup>d</sup>	30,6 <sup>cd</sup>	9,3 <sup>e</sup>	13,0 <sup>c</sup>
	Min	45	20	3	21	3	26	4	9
	Max	66	40	16	32	5	37	18	18
3 <i>Vriesea</i> "Electric" x <i>Vriesea</i> 001	Media	47,6 <sup>e</sup>	42,3 <sup>b</sup>	7,5 <sup>ef</sup>	30,2 <sup>ab</sup>	3,5 <sup>cd</sup>	28,4 <sup>de</sup>	22,7 <sup>b</sup>	7,8 <sup>ef</sup>
	Min	40	35	2	22	2,5	24	19	6
	Max	55	46	16	42	4	37	28	10
4 <i>G. lingulata</i> 003 x <i>G.</i> <i>lingulata</i> 004	Media	49,8 <sup>e</sup>	23,6 <sup>d</sup>	6,9 <sup>ef</sup>	24,6 <sup>de</sup>	3,1 <sup>e</sup>	26,3 <sup>e</sup>	6,4 <sup>f</sup>	9,3 <sup>de</sup>
	Min	32	20	4	19	3	19	3	7
	Max	74	30	15	28	4	35	11	15
5 <i>G. freya</i> x <i>G.</i> <i>lingulata</i> 001	Media	53,8 <sup>d</sup>	33 <sup>c</sup>	10,3 <sup>de</sup>	32,1 <sup>a</sup>	3,0 <sup>f</sup>	32,7 <sup>c</sup>	10,3 <sup>e</sup>	13,2 <sup>c</sup>
	Min	45	24	4	27	2	25	6	8
	Max	65	45	17	38	3,5	38	15	16
6 <i>G. conifera</i> x <i>G.</i> <i>lingulata</i> 001	Media	49,4 <sup>e</sup>	22,7 <sup>d</sup>	6,4 <sup>f</sup>	24,8 <sup>de</sup>	3,0 <sup>f</sup>	28,4 <sup>de</sup>	6,8 <sup>f</sup>	7,5 <sup>f</sup>
	Min	40	13	3	20	2,5	20	5	4
	Max	60	26	13	32	3,5	35	9	10
7 <i>G. lingulata</i> 001 x <i>G.</i> <i>witmackii</i>	Media	59,4 <sup>d</sup>	34,2 <sup>c</sup>	11,7 <sup>d</sup>	27,9 <sup>bc</sup>	4,4 <sup>b</sup>	29,0 <sup>de</sup>	13,6 <sup>d</sup>	16,0 <sup>b</sup>
	Min	47	22	6	17	4	25	9	13
	Max	77	50	24	35	5	36	19	22
8 <i>G. lingulata</i> 005 x <i>G.</i> <i>lingulata</i> 006	Media	58,9 <sup>d</sup>	23,1 <sup>d</sup>	8,7 <sup>def</sup>	27,4 <sup>cd</sup>	2,5 <sup>f</sup>	25,9 <sup>e</sup>	9,2 <sup>e</sup>	12,4 <sup>c</sup>
	Min	40	16	5	22	2	18	6	8
	Max	80	30	17	35	3,5	33	13	19
9 <i>G. lingulata</i> 002 x <i>G.</i> <i>witmackii</i>	Media	73,3 <sup>b</sup>	45,5 <sup>b</sup>	23,8 <sup>b</sup>	22,5 <sup>e</sup>	3,6 <sup>cd</sup>	33,8 <sup>c</sup>	16,4 <sup>c</sup>	17,8 <sup>a</sup>
	Min	55	28	15	13	3	20	10	15
	Max	95	71	38	29	4,5	42	24	23
10 <i>G. lingulata</i> 003 x <i>G.</i> <i>witmackii</i>	Media	65,6 <sup>c</sup>	42,4 <sup>b</sup>	18,2 <sup>c</sup>	26,8 <sup>cd</sup>	3,8 <sup>c</sup>	37,1 <sup>b</sup>	14,0 <sup>d</sup>	15,2 <sup>b</sup>
	Min	50	25	5	20	3	32	10	12
	Max	90	60	35	43	4	46	19	20
<b>Desv. Est.</b>		16,5	16,0	10,0	4,7	0,8	10,0	7,2	4,0
<b>C.V</b>		27,0	45,4	75,2	17,5	22,4	30,9	54,7	32,3
<b>Valor F</b>		20,5	20,5	20,0	6,2	17,4	23,5	44,4	13,4
<b>p</b>		<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*

Diámetro de planta en cm (DP), Altura de la planta en cm (AP), Largo del pedúnculo en cm (LPed), Número de hojas (NH), Ancho de hojas en cm (AH), Largo de hojas en cm (LH), Altura de inflorescencia en cm (AI), Diámetro de inflorescencia en cm (DI) / Plant diameter in cm (DP), Plant height in cm (AP), Peduncle length in cm (LPed), Number of leaves (NH), Width of leaves in cm (AH), Length of leaves in cm (LH), Height of inflorescence in cm (AI), Diameter of inflorescence in cm (DI).

De forma general todas las variables presentaron CV altos excepto para la variable NH (ver tabla 1) y esto corresponde al criterio de Farias *et al.* (2013) quienes mencionan que CV por encima del 20% se consideran

como altos. Los valores altos en los CV se deben a que existe gran variabilidad en el carácter en el germoplasma estudiado y se considera como una variable heterogénea (Zuñiga y Carrodegua, 2022).

A partir del análisis de varianza (ANOVA) realizado para las diferentes variables en las progenies provenientes de los cruces de los géneros *Vriesea* y *Guzmania*, se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,0001$ ) para todos los caracteres estudiados. En la tabla 1 se observan los resultados de la prueba de Duncan para separación de medias, donde letras diferentes sugieren medias con diferencias significativas.

Se observó que el cruce 1 alcanzó los mayores valores para todas las variables excepto NH y DI. Por otra parte, los cruces 4 y 6 mostraron los valores más bajos para la mayoría de las variables.

El análisis de varianza y CV mostraron heterogeneidad entre las poblaciones. Se observó variación suficiente para considerar seleccionar los mejores individuos de la población y utilizarlos como progenitores en siguientes generaciones.

Dos de las variables que son esenciales de considerar para ornamentales de paisajismo y deben ser conocidas al momento de seleccionar las especies para cada ambiente son la altura de la planta, así como el diámetro de esta. El tamaño es un excelente parámetro para la clasificación de plantas para uso en paisajismo (Zucchi *et al.*, 2019). Sin embargo, en el caso de las bromelias, también es de gran interés para el mercado ornamental contar con plantas pequeñas y compactas que se ajusten al tamaño de las macetas para su cultivo en interiores. Las variables que definen el tamaño de la planta y su adaptación al cultivo en macetas son: diámetro de la planta, altura de la planta y longitud de hojas, por lo cual, en el mercado ornamental, genotipos que presenten valores bajos para estas variables pueden verse favorecidos.

De forma general, los genotipos de los cruces 4, 6 y 8 mostraron valores muy bajos para las variables que determinan el tamaño de la planta, por lo cual se pueden utilizar para generar genotipos pequeños y compactos. Por otra parte, en caso de que las plantas se comercialicen en macetas, es conveniente que presente un pedúnculo corto para que la maceta no se incline por el peso de la planta. En este estudio presentaron pedúnculos cortos los genotipos de los cruces 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

Según Manfio *et al.* (2010), la inflorescencia es una de las características que más llama la atención y tiene un gran impacto en el valor comercial. En las bromelias, la inflorescencia es muy pequeña, pero las brácteas que la rodean contrastan con el color de la planta y potencian su valor ornamental. Además, las inflorescencias grandes con un pedúnculo largo hacen que sea ideal para la producción de arreglos florales. En este sentido, aquellas plantas que presenten valores altos para las variables diámetro de la inflorescencia y longitud del pedúnculo presentan un valor ornamental adicional para el mercado de flores cortadas. En este estudio los genotipos de los cruces 7 y 9 presentaron valores altos para la variable diámetro de la inflorescencia, mientras, los genotipos de los cruces 1, 9 y 10 destacaron por su largo de pedúnculo.

Por su parte, se determinaron las correlaciones de Pearson ( $r$ ) entre los caracteres morfológicos para conocer la relación estadística entre las variables evaluadas, dando como resultado los datos presentados en la tabla 2.

TABLA 2 / TABLE 2

Correlaciones de Pearson efectuadas en los genotipos de *Vriesea* sp. y *Guzmania* sp. (Bromeliaceae). /  
*Pearson correlations made in the genotypes of Vriesea sp. and Guzmania sp. (Bromeliaceae).*

	DP	AP	LPed	NH	AH	LH	AI	DI
DP	1							
AP	0,75	1						
LPed	0,82	0,88	1					
NH	-0,04	0,08	-0,06	1				
AH	0,51	0,67	0,59	0,04	1			
LH	0,82	0,79	0,77	0,03	0,59	1		
AI	0,63	0,82	0,63	0,05	0,55	0,67	1	
DI	0,33	0,25	0,35	0,03	0,23	0,11	0,11	1

Se detectó una correlación alta entre largo del pedúnculo (Lped) y altura de la planta (AP). Otras correlaciones de importancia fueron, largo de pedúnculo (Lped) y diámetro de planta (DP), largo de hoja (LH) y diámetro de planta (DP) y finalmente altura de inflorescencia (AI) con altura de la planta (AP).

De acuerdo con las asociaciones entre los caracteres morfológicos, se presentaron correlaciones medias para las correlaciones entre largo de hoja (LH) y altura de planta (AP), largo de hoja (LH) y largo de pedúnculo (Lped), altura de planta (AP) y diámetro de planta (DP), ancho de hoja (AH) y largo de pedúnculo (Lped), diámetro de planta (DP) y ancho de hoja (AH), diámetro de planta (DP) y altura de inflorescencia (AI), altura de planta (AP) y ancho de hoja (AH), Largo de pedúnculo (Lped) y altura de inflorescencia (AI), altura de planta (AP) y largo de hoja (LH), largo de hoja (LH) y altura de inflorescencia (AI) y finalmente entre alto de inflorescencia (AI) y ancho de hoja (AH).

El resto de las variables presentaron correlaciones muy bajas con un valor por debajo de 0,40.

Las correlaciones fenotípicas sirven para detectar un posible ligamiento entre caracteres. La relación entre las variables de tamaño descritas anteriormente se debe a que normalmente las plantas que son altas y/o grandes, heredan con más frecuencia en sus progenies caracteres ligados al tamaño, estos caracteres no suelen segregarse de manera independiente, ya que, tienden a estar altamente relacionados. Teniendo en cuenta lo mencionado por Lobo y Shaw (2008) cuando los genes están cercanos en el cromosoma, heredan sus alelos juntos con más frecuencia, tales genes no se distribuyen independiente y se conocen como genes ligados. De manera que, los resultados obtenidos en estudio, permitió determinar que, al seleccionar una planta por su altura, se estaría seleccionando indirectamente por el carácter largo de pedúnculo y de igual forma al seleccionar plantas de mayor diámetro se estará seleccionando con pedúnculo más largo.

Estas correlaciones fenotípicas se estimaron a partir de valores medidos en campo, Ceballos (2003) menciona que la herramienta estadística que permite al fitomejorador estimar el grado y la naturaleza de tales asociaciones es el coeficiente de correlación ( $r$ ).

Las correlaciones obtenidas establecieron combinaciones de las variables evaluadas, mostrando que, para algunas de estas, el coeficiente obtenido fue alto, positivo y significativo. Chacón y Monge (2019) resaltan que el establecimiento de correlaciones entre variables, son parámetros útiles en los procesos de selección genética, ya que el conocimiento de estas posibilita la evaluación de caracteres complejos a través de caracteres menos complejos, permitiendo realizar indirectamente la selección en programas de mejora.

De acuerdo con lo anterior, Espitia *et al.* (2005) indican que el análisis de características correlacionadas se ha realizado para los siguientes fines: seleccionar indirectamente una característica compleja a través de otra

de fácil medición, identificar relaciones entre variables con heredabilidad alta y predecir el nivel de respuesta de un genotipo durante la selección; desarrollar índices de selección simultánea para varios caracteres, entre otras.

Un ejemplo de estudio en plantas ornamentales, donde las correlaciones fenotípicas han sido determinadas para apoyar programas de mejoramiento genético es el realizado por Azimi y Alavijeh (2020). Los autores estudiaron la diversidad genética y rendimiento cuantitativo y cualitativo de cultivares importados y genotipos promisorios de amarilis, para lo cual utilizaron 16 genotipos. Los resultados mostraron que el ancho de la flor y el período de floración se incrementaron con el aumento de la longitud del tallo floral. Los autores concluyeron que comprender las relaciones de los diferentes rasgos fenotípicos en plantas ornamentales es de gran importancia en el desarrollo de programas de mejoramiento porque la selección de un solo rasgo sin considerar los otros no producirá resultados óptimos.

En cuanto al ACP de las 8 variables evaluadas en este estudio, mostró que el 70% de la variabilidad se obtuvo en los dos primeros componentes, como se muestra en la tabla 3 en la proporción acumulada.

En el primer componente, las variables que más contribuyeron a la variabilidad del sistema fueron DP, AP, Lped y LH. De forma general todas las variables, excepto el Diámetro de la Inflorescencia (DI), contribuyen a la variabilidad en los dos primeros componentes, por lo cual son caracteres que se pueden tomar en cuenta durante la selección en programas de mejoramiento genético.

TABLA 3 / TABLE 3

Análisis de componentes principales de caracteres cuantitativos evaluadas en los genotipos de los géneros *Vriesea* sp. y *Guzmania* sp. (Bromeliaceae). / *Principal component analysis of quantitative characters evaluated in the genotypes of the genera Vriesea sp. and Guzmania sp. (Bromeliaceae).*

Autovalores			
Lambda	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	4.61	0.58	0.58
2	1.02	0.13	0.70

Autovectores		
	e1	e2
DP	0.41	-0.1
AP	0.44	0.06
Lped	0.45	-0.11
NH	0.01	-0.98
AH	0.34	0.06
LH	0.41	-2.4 x 10 <sup>3</sup>
AI	0.38	0.08
DI	0.15	0.01

Las variables con autovectores altos en el ACP coinciden con las de mayor CV en la tabla de estadística descriptiva (Tabla 1). El análisis de la variabilidad morfo agronómica de la población estudiada constituye una base para el programa de mejoramiento, ya que permite establecer progenitores o genotipos que pueden dar lugar a híbridos o variedades descendientes con alto valor comercial en relación con la variabilidad entre las distintas poblaciones, permitiendo con ello, determinar que dichas variables deben ser tomadas en cuenta en los programas de mejoramiento futuros.

Gallego y Areque (2019) indican que un análisis de componentes principales representa las medidas numéricas de varias variables en un sitio de espacio reducido, con el objetivo de indentificar las relaciones que, de otra forma, permanecerían no visibles en dimensiones más complejas. Además, transforman un conjunto de variables originales, en un nuevo conjunto de variables correlacionadas entre sí, esto a su vez, permite conocer las correlaciones que existen entre las especies.

La diversidad genética en la familia Bormeliaceae ha sido previamente estudiada a través del uso de marcadores moleculares. Vieira *et al* (2014) identificaron la variabilidad genética cuantificada de la familia Bromeliaceae utilizando marcadores dominantes para crear el primer banco de germoplasma en la región noreste de Brasil. Con el objetico anterior se utilizaron 13 marcadores de ADN polimórficos amplificados aleatoriamente para detectar la variabilidad genética de las accesiones de bromelias silvestres.

Los estudios de diversidad genética también han sido desarrollados con el objetivo de comprender patrones evolutivos. Neves *et al.* (2020) investigaron los impulsores de la variación morfológica en bromelias a lo

largo de un gradiente latitudinal en un punto crítico de biodiversidad en un bosque atlántico. Con el objetivo anterior, los autores, midieron la variación de forma y tamaño de brácteas florales y utilizaron datos moleculares de dos regiones de cloroplastos (matK y trnL-F) para evaluar la diversidad genética, la estructura de la población y las relaciones filogenéticas. Identificaron cómo la geografía y los cambios ambientales a lo largo del tiempo dan forma a las brácteas y hojas florales de manera similar.

Los estudios de diversidad genética en la familia Bromeliaceae también han sido realizados con el objetivo de investigar la hibridación natural y los factores involucrados en el mantenimiento de la diferenciación fenotípica y genética entre especies. Neri et al. (2017) estudiaron los patrones de diversidad genética y mezcla genómica en poblaciones simpátricas y alopátricas, mediante marcadores moleculares microsatélites. En este caso también utilizaron un total de 24 marcadores morfológicos cuantitativos (6 vegetativos y 18 reproductivos) para identificar los rasgos que más contribuyen a la discriminación de especies.

La caracterización y evaluación a través de variables morfológicas son métodos indirectos e involucran estados de desarrollo específicos del cultivo, además que no permiten observar diferencias pequeñas entre variedades. Por tanto, en posteriores estudios se recomienda incorporar marcadores moleculares, ya que, no son afectados por el ambiente, están presentes en cualquier estado de la planta, permiten una detección anticipada, son abundantes, universales y se necesita poca cantidad de ADN para su estudio (Solís-Ramos y Andrade, 2005).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La estadística descriptiva, a través de los coeficientes de variación mostró preliminarmente que todas las variables, excepto NH, son heterogéneas y contribuyen a la diversidad morfológica.

El cruce 1 alcanzó los mayores valores para todas las variables excepto NH y DI. Por otra parte, los cruces 4 y 6 mostraron los valores más bajos para la mayoría de las variables.

El estudio de las correlaciones fenotípicas entre variables demostró la relación existente entre ciertos caracteres de interés para el mejoramiento genético en la familia, lo cual debe tenerse en cuenta a la hora de seleccionar, puesto a que, caracteres correlacionados pueden estar ligados.

El ACP permitió determinar cuáles variables contribuyeron más a la variabilidad del sistema, lo cual es fundamental para conocer cuáles de estas, deben ser usadas en los planes de mejoramiento, debido a que, al seleccionar estos genotipos, se obtendrá un mayor potencial comercial y económico en los cultivares.

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa por facilitar las instalaciones, germoplasma y el personal para realizar esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azimi, M.H., & Alavijeh, M.K. (2020). Morphological traits and genetic parameters of *Hippeastrum hybridum*. *Ornamental Horticulture*, 26(4): 579-590. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v26i3.2153>
- Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J.A., & Robledo C.W. (2008). Manual del Usuario Infostat. Córdoba, Argentina. Ed. Brujas.
- Bhajantri, B., & Patil, V.S. (2016). Genetic diversity analysis in Gladiolus Genotypes (*Gladiolus hybridus* Hort). *Journal of Applied and Natural Science*, 8(3): 1416-1420. <https://doi.org/10.31018/jans.v8i3.975>
- Brenes, P. (2019). Jardín Botánico del CATIE inaugura el primer jardín de bromelias rescatadas de Costa Rica. [Online]. Disponible en: <https://www.catie.ac.cr/catie-noticias/3798-jardin-botanico-del-catie-inaugura-el-primer-jardin-de-bromelias-rescatadas-de-costa-rica.html>

- Chacón, K., & Monge, J. (2020). Cucumber (*Cucumis sativus* L.) production under greenhouse conditions: correlations among variables. *Revista Posgrado y Sociedad*, 18 (2): 53-70.
- Camarena, F., Chura, J., & Blas, R.U. (2008). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. UNALM. Press.
- Ceballos, H. (2003). Genética cuantitativa y fitomejoramiento. Universidad Nacional de Colombia. UNAL Ed.
- Climate-Data. (2021). Clima de Palmares [Online]. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/costa-rica/san-jose/palmares-642974/#climate-table>
- Espitia, M., Vallejo, A., & Baena, D. (2005). Correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales en *Cucurbitamoschata* Duch. Ex Poir. *Ciencias agropecuarias y biológicas*, 11 (2): 131-140.
- Farias, M., Peternelli, L.A., & Pereira, M.H. (2013). Classification of the coefficients of variation for sugarcane crops. *Cienc. Rural*, 43(6): 957-961.
- Gallego, L., & Araque, O. (2019). Variables de Influencia en la Capacidad de Aprendizaje. Un Análisis por Conglomerados y Componentes Principales. *Información tecnológica*, 30(2): 257-264. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000200257>
- Hernández, A. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Revista Bio Ciencias*, 2(3): 113-118.
- Hernández, E., Rangel, S., López, M., & Guerrero, A. (2018). Germinación, viabilidad, y regeneración in vitro de plantas de *Vriesea heliconioides* (Kunth) Hook. Ex Walp. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(2): 99-106. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.99-106>
- Lobo, I., & Shaw, K. (2008). Discovery and Types of Genetic Linkage. *Nature Education*, 1(1): 139
- Manfio, C.E., Yoshimitsu, M.S., Coelho de Paula, C., Sávio, M., & Gamarano, M.C. (2010). Early selection of elite clones of an ornamental bromeliad in vitro. *Ciência Rural*, 40(7): 1537-1544.
- Miranda, M.E., Arellano, J.J., Salazar, B.Z., Hernández, F., Quero, R., & Pérez, L. (2007). Bases para el manejo comunitario de Bromelias Ornamentales. Colección Manejo Campesino de Recursos Naturales y Red de Aprendizaje Intercambio y la Sistematización de Experiencias hacia la Sustentabilidad (RAISES). Oaxaca, México.
- Mondragón, D., Ramírez, I., Flores, M., & García, J. (2011). La familia Bromeliaceae en México. [Online]. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/225103/La\\_familia\\_bromeliaceae\\_en\\_mexico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/225103/La_familia_bromeliaceae_en_mexico.pdf)
- Nakayama, H.D., González, M.C., Samudio, A., Britos, R.M., Mussi, C., Cantero, F.A., Benítez, J.V., & Peralta, I. (2018). Fitomejoramiento participativo del Ka'a He'e. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) [Online]. Disponible en: [https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/upload\\_editores/u454/Manual-Fitomejoramiento.pdf](https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/upload_editores/u454/Manual-Fitomejoramiento.pdf)
- Neri, J., Wendt, T., & Palma-Silva, C. (2017). Natural hybridization and genetic and morphological variation between two epiphytic bromeliads. *AoB Plants*, 10(1): plx061. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plx061>
- Neves, B., Zanella, C.M., Kessous, I.M., *et al.* (2020). Drivers of bromeliad leaf and floral bract variation across a latitudinal gradient in the Atlantic Forest. *J. Biogeogr.*, 47(1): 261-274. <https://doi.org/10.1111/jbi.13746>
- Nieto, D. (2017). Inducción de variabilidad en aguacate cv Hass mediante mutagénesis radioinducida. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio Institucional: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/69131/TESIS%20DANIEL%20NIETO.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Pragya, R., Bhat, K.V., Misra, R.L., & Ranjan, J.K. (2010). Analysis of diversity and relationships among *Gladiolus* cultivars using morphological and RAPD markers. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 80(9): 766- 772
- Ramírez, G., & Chávez, L. (2015). Mejoramiento genético de ornamentales del Estado de México. Instituto de investigación y capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México- ICAMEX. Ed. Grupo Produce.
- Sharma, S., Dastagiri, M.B. & Reddy, N. (2017). Morphological Variation and Evaluation of *Gladiolus* (*Gladiolus x hybridus* Hort.) cultivars. *J. Hortic*, 4(4): 16-26. <https://doi.org/10.4172/2376-0354.1000212>
- Solís-Ramos, L. & Andrade, A. (2005). ¿Qué son los marcadores moleculares? *Rev. Divulg. Cientif. Tecn. Univ. Veracruz*. [Online]. Disponible en: <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol18num1/articulos/molecu>

lares/index.htm#:~:text=Estos%20marcadores%20tienen%20la%20ventaja,utiliza%20peque%C3%B1as%20cantidades%20de%20material.

- Vieira, S.D., Rabbani, A.R.C, Santos, F., Silva-Mann, R., Arrigoni-Blank, M.F., Prata, A.P.N., Resende, L.V., Pasqual, M., & Blank, A.F. 2014. Molecular characterization of bromeliads from northeast Brazil. *Genet. Mol. Res.*, 13(4): 9851-9860.
- Zucchi, M.R., da Silva, M.W., Sibov, S.T., & Pires, L.L. (2019). Ornamental and landscape potential of a bromeliad native to the Cerrado. *Ornamental Horticulture*, 25(4): 425-433. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v25i4.2003>
- Zuñiga, A., & Carrodegua, A. (2022). Variabilidad morfo-agronómica en genotipos de arroz en el Pacífico Central, Costa Rica. *Revista Ciencia y Agricultura*, 19(1): 1-14. <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n1.2022.12567>