

Estimación de la variabilidad genética de nueve cultivares de gladiolo (*Gladiolus spp.*) mediante marcadores morfológicos

Andrés Zúñiga Orozco¹, Ayerin Carrodegas Gonzalez²

1. Carrera Ingeniería Agronómica, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia. Apdo. 474-2050 San Pedro, San José, Costa Rica. azunigao@uned.ac.cr
<https://orcid.org/0000-0001-8214-4435>
2. Instituto de Investigaciones Hortícolas Lilliana Dimitrova, Cuba.
genetica2@lilliana.co.cu
<https://orcid.org/0000-0001-5890-4174>

Recibido: 04 de Noviembre de 2020 Aceptado: 07 de Abril de 2021

RESUMEN

Introducción: *Gladiolus* es un género de plantas bulbosas con alto valor ornamental. A pesar de la gran demanda que presenta este cultivo en Cuba, no existe variabilidad para ofrecer a la población y los pocos cultivares que se comercializan son todos importados, por lo cual es muy importante iniciar un programa de mejora para crear nuevas variedades con alto rendimiento en las condiciones de Cuba y diversificar la demanda. Un programa de mejora genética debe partir del conocimiento de la variabilidad genética que existe en los recursos disponibles, para poder estimar cuales son los caracteres más susceptibles a mejora. El objetivo de este estudio fue determinar los caracteres morfológicos que aportan más variabilidad genética en los cultivares de gladiolos del Instituto de Investigaciones Hortícolas Lilliana Dimitrova y establecer la relación filogenética que existe entre esos cultivares. **Métodos:** se estudiaron 9 cultivares de gladiolo provenientes de Holanda, a los cuales se les midieron las siguientes variables cuantitativas: altura de la planta, longitud del tallo floral, longitud de la espiga, diámetro de la flor, número de campanas, diámetro ecuatorial del cormo y masa fresca del cormo. A dichas variables se les determinó estadígrafos descriptivos como CV y DE y se les calcularon los intervalos de confianza por el método de Montecarlo. Las variables se sometieron a un análisis de componentes principales y a un análisis de agrupamiento. **Resultados:** mediante el PCA se determinó que todas las variables aportan a la variabilidad del sistema y quedó reflejada la relación filogenética de los 9 cultivares mediante el cladograma. **Conclusiones:** basándose en el coeficiente de variación los caracteres que son más susceptibles a mejora por su alta variabilidad genética son: masa fresca del cormo, diámetro polar del cormo, número de campanas por espiga y longitud de la espiga floral. El análisis de los componentes principales demostró que todas las variables pueden ser utilizadas para la selección en programas de mejora por su alta heterogeneidad.

Palabras clave: variabilidad genética, *Gladiolus*, mejora genética, relación filogenética, marcadores morfológicos

ABSTRACT

Estimation of the genetic variability of nine gladiolus cultures with the use of morphological markers. Introduction

Introduction: *Gladiolus* is a genus of bulbous plants with high ornamental value. Despite the great demand for this crop in Cuba, there is no variability to offer the population and the few cultivars that are marketed are all imported, so it is very important to start a plant breeding program in order to create new varieties with high yield. in the conditions of Cuba and diversify the demand. A plant breeding program must start from the knowledge of the genetic variability that exists in the available resources, in order to estimate which are the traits most susceptible to improvement. The objective of this study was to determine the morphological characters that provide more genetic variability in the gladiolus cultivars of the Lilliana Dimitrova Horticultural Research Institute and to establish the phylogenetic relationship that exists between these cultivars. **Methods:** 9 gladiolus cultivars from Holland were studied, in which the following quantitative variables were measured: plant height, flower stem length, spike length, flower diameter, number of bells, equatorial diameter of the corm and fresh corm mass. Descriptive statistics such as CV and SD were determined for these variables and the confidence intervals were calculated by the Montecarlo method. The variables were subjected to a principal component analysis and a clustering analysis. **Results:** through the PCA it was determined that all the variables contribute to the variability of the system and the phylogenetic relationship of the 9 cultivars was reflected by the cladogram. **Conclusions:** based on the coefficient of variation, the characters that are most susceptible to improvement due to their high genetic variability are: fresh corm mass, polar diameter of the corm, number of bells per spike and length of the flower spike. The principal component analysis showed that all variables can be used for selection in breeding programs due to their high heterogeneity.

Keywords: genetic variability, *Gladiolus*, plant breeding, phylogenetic relationship, morphological markers

INTRODUCCIÓN

Gladiolus es un género de plantas perennes y bulbosas perteneciente a la familia *Iridaceae* (Chandel & Deepika, 2010). El género comprende más de 260 especies, de las cuales 163 son de África austral, 10 de Eurasia, nueve de Madagascar y las restantes de África tropical (Buschman, 1985). Estas plantas se caracterizan por sus cormos de renovación anual, los cuales durante el curso de la vegetación dan lugar a multitud de "bulbillos". El nombre *Gladiolus*, proviene de la palabra griega *Gladius* que significa espada haciendo referencia a la forma lanceolada de sus hojas (Lewis *et al.*, 1972), las cuales están cubiertas por una cutícula cerosa y varían entre una y 12 por planta. Las flores se reúnen en inflorescencias del tipo espiga, que contiene de 12 a 20 flores bisexuales, sésiles, y rodeadas por una bráctea y una bractéola. (González *et al.*, 2011).

Los gladiolos constituyen unas de las flores de mayor demanda a nivel internacional, puesto a que se utilizan para eventos sociales y se han convertido en un elemento muy frecuente en la decoración y como artículo de regalo. Es una flor económicamente importante, pues constituye una fuente de ingresos y de empleo para la población dedicada a su cultivo (Ocampo *et al.*, 2012). Además, se ubica entre las especies ornamentales más cultivadas en el mundo y ocupa el quinto lugar entre las bulbosas (Verdugo *et al.*, 2007). En Cuba su cultivo se incrementa continuamente, debido a que no solo las características climáticas resultan favorables, sino a que las perspectivas de consumo presentan una sólida tendencia a su elevación.

Las variedades cultivadas provienen de las especies africanas *Gladiolus cardinalis* C., *Gladiolus psittacinus* H., *Gladiolus floribundus* J., *Gladiolus aurantiacus* K. (Beltrán, 2005). Actualmente se consideran dos grupos de gladiolos en la producción florícola internacional: gladiolos híbridos de flor grande *Gladiolus grandiflorus* H. y gladiolos híbridos de flor pequeña, *Gladiolus nanus*.

A pesar de que en Cuba existen las condiciones climatológicas favorables, se cultivan y comercializan muy pocos cultivares, todos de procedencia extranjera. Como resultado, no existe mucha variabilidad que ofrecer a la población, que se mantiene en constante demanda por las flores de este cultivo.

En el instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova (IIHLD), rector en todas las investigaciones en flores de corte en Cuba, se pretende iniciar un programa de mejoramiento genético de este cultivo de gran importancia en el mercado ornamental. Actualmente, la institución cuenta con un banco de germoplasma con 9 cultivares del género *Gladiolus*, de procedencia extranjera, los cuales no han sido caracterizados. Es sabido que un programa de mejoramiento comienza a partir de una caracterización adecuada de un germoplasma, para conocer la variabilidad genética existente en el mismo (Cubero, 2003; Carrodegua y Zúñiga, 2020; Zúñiga y Carrodegua, 2020). Además, la caracterización de cultivares puede ser una herramienta útil para la conservación y para entender relación genética existente entre estos (Pragya *et al.*, 2010).

En *Gladiolus*, se ha realizado este tipo de estudios en diferentes lugares del mundo, dirigidos a caracterizar cierto número de cultivares presentes en colecciones locales, pero en Cuba no se ha estudiado la variabilidad genética en los cultivos de importancia ornamental. Por lo antes explicado, el objetivo de este estudio es determinar cuáles son los caracteres morfológicos que aportan más a la variabilidad genética en los cultivares de gladiolos del Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova y establecer la relación filogenética que existe entre estos.

MATERIALES Y METODOS

Material biológico

Los materiales que se utilizaron provienen del banco de germoplasma del Instituto de Investigaciones Hortícola Liliانا Dimitrova. Se evaluaron un total de 9 cultivares: Cartago(C1), PietMolhen (C2), Green Star (C3), Nova Lux (C4), Amsterdam (C5), Magestic (C6), Beaujour (C7), Jester Gold (C8) y Grand Prix (C9).

Análisis de datos morfológicos

Los datos utilizados para el análisis se generaron a partir de la evaluación agronómica de los cultivares de gladiolo durante el 2018. Para dicha validación se realizó un experimento con un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. Los cormos fueron plantados sobre surcos separados a 0.70 m y una distancia de 0.05 m entre plantas, el tamaño de la parcela evaluativa fue de 3.50 m².

Para las evaluaciones se tomaron 5 plantas por parcela para un total de 20 plantas por tratamiento. Se evaluaron las variables morfológicas que se muestran en el cuadro 1, teniendo en cuenta las recomendaciones de otros estudios similares (Alves *et al.*, 2011, Sharma *et al.*, 2017, Bhajantri, & Patil, 2016).

CUADRO 1.

Variables medidas, abreviaturas y métodos de medición

Variable	Abreviatura	Método
Altura de la planta (cm)	HP	Se midieron luego de haber emitido la espiga floral completamente
Longitud del tallo floral (cm)	LTF	
Longitud de la espiga (cm)	LE	
Diámetro de la flor (cm)	DF	
Número de campanas	#C	
Diámetro ecuatorial del cormo (cm)	DEC	Se midieron luego de transcurrido el ciclo vegetativo y efectuada la cosecha de los cormos, utilizando un pie de rey con un grado de precisión de 0.05mm y una balanza técnica para el caso de la masa fresca del cormo
Diámetro polar del cormo (cm)	DPC	
Masa fresca del cormo (g)	MFC	

Análisis estadístico

Primeramente, se calcularon estadígrafos descriptivos (media, desviación estándar, coeficiente de variación) para realizar una evaluación preliminar del comportamiento de los cultivares para cada una de las variables analizadas.

Después se calculó el intervalo de confianza para la media a un 95% por el método de Montecarlo, para el cual se utilizó el complemento Pop Tools de Excel. Fueron graficados los intervalos de confianza para la media de cada uno de los caracteres analizados, para evaluar de forma preliminar la variabilidad entre estos.

Posteriormente se realizó un análisis de componentes principales, basado en la matriz de correlación de Pearson, debido a que los caracteres no eran homogéneos porque presentan diferentes unidades de medida (Hernández *et al.*, 2018).

Se consideraron valores significativos en cada componente a aquellos mayores que la media entre el valor menor y el valor mayor.

Con los caracteres que mostraron mayor contribución a la variabilidad, se desarrolló un análisis de agrupamiento basado en el método de Ward y se construyó un cladograma. Tanto para el análisis de componentes principales como para el agrupamiento se utilizó el paquete estadístico STATISTICA® (versión 8.0).

RESULTADOS

De forma preliminar, según el coeficiente de variación se puede observar variabilidad en todos los caracteres estudiados, de acuerdo con el cuadro 2. Los caracteres que mostraron mayor variabilidad según su coeficiente de variación fueron: masa fresa del cormo con un CV de 19.55%, diámetro polar del cormo (CV=12.84%), número de campanas por espiga (CV=12.82%) y longitud de la espiga floral (CV= 11.09%).

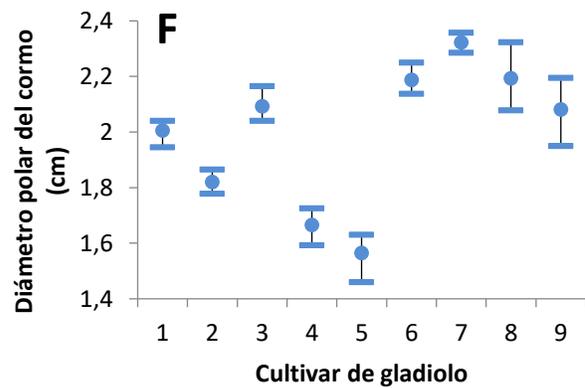
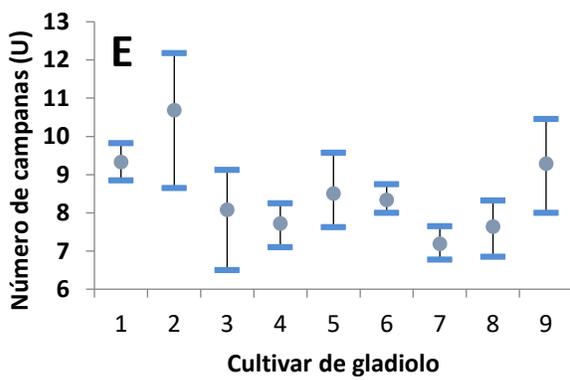
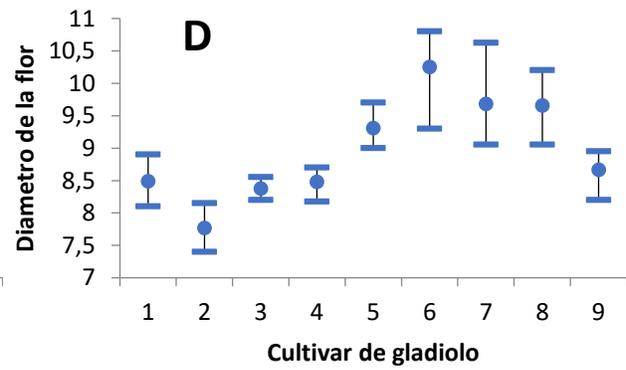
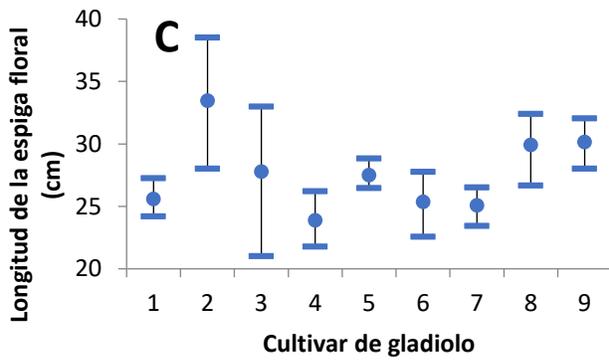
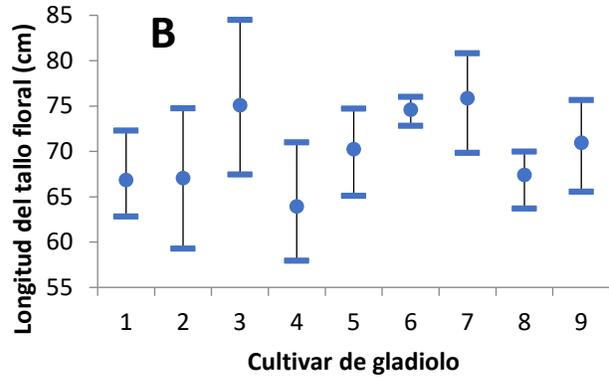
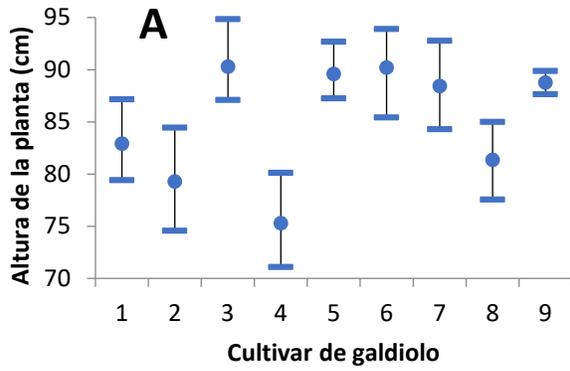
CUADRO 2.

Valores medios, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables analizadas.

	HP	LTF	LEF	DF	#C	DPC	DEC	MFC
Media	85.16	70.15	27.56	8.97	8.53	1.99	4.30	30.13
DE	5.57	4.36	3.06	0.80	1.09	0.26	0.35	5.89
CV %	6.54	6.22	11.09	8.89	12.82	12.84	8.19	19.55

HP: Altura de la planta (cm), LTF: Longitud del tallo floral (cm), LEF: Longitud de la espiga floral (cm), DF: Diámetro de la flor (cm), #C: Número de campanas (U), DPC: Diámetro polar del cormo (cm), DEC: Diámetro Ecuatorial del cormo (cm), MFC: Masa fresca del cormo (g), DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación.

Se analizaron los intervalos de confianza de la media al 95% para cada una de las variables estudiadas (Fig. 1) para estimar también la variabilidad existente para cada uno de los caracteres en los cultivares analizados.



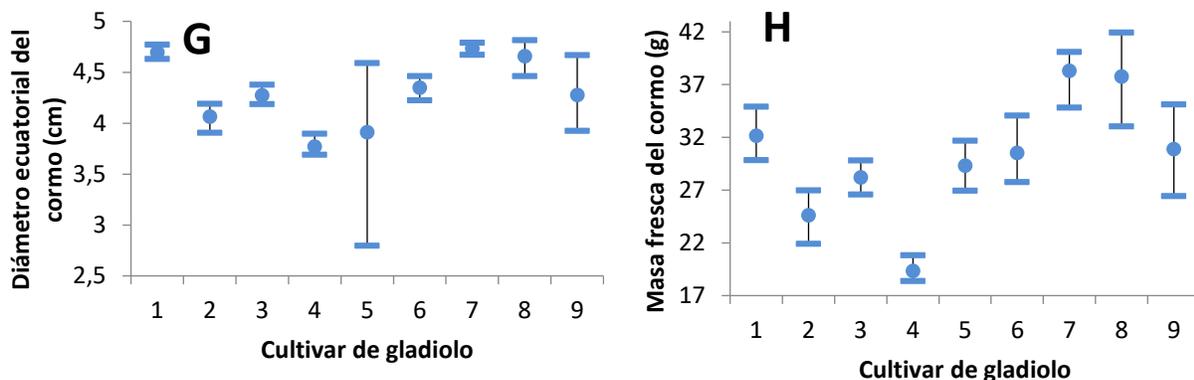


Figura 1. Intervalos de confianza para la media calculados por el método de Montecarlo con una probabilidad del 95% para las variables: altura de la planta (A), longitud del tallo floral (B), longitud de la espiga (C), diámetro de la flor (D), número de campanas (E), diámetro polar del corno (F), diámetro ecuatorial del corno (G) y masa fresca del corno (H).

El análisis de componentes principales con las 9 variables evaluadas extrajo el 86,6% de la variabilidad en los tres primeros componentes (Cuadro 3).

Para el análisis de agrupamiento se tomaron en cuenta todas las variables cuantitativas en estudio porque el análisis de componentes principales demostró que todas tenían un gran aporte a la variabilidad entre los cultivares y se construyó el cladograma correspondiente (Figura 2).

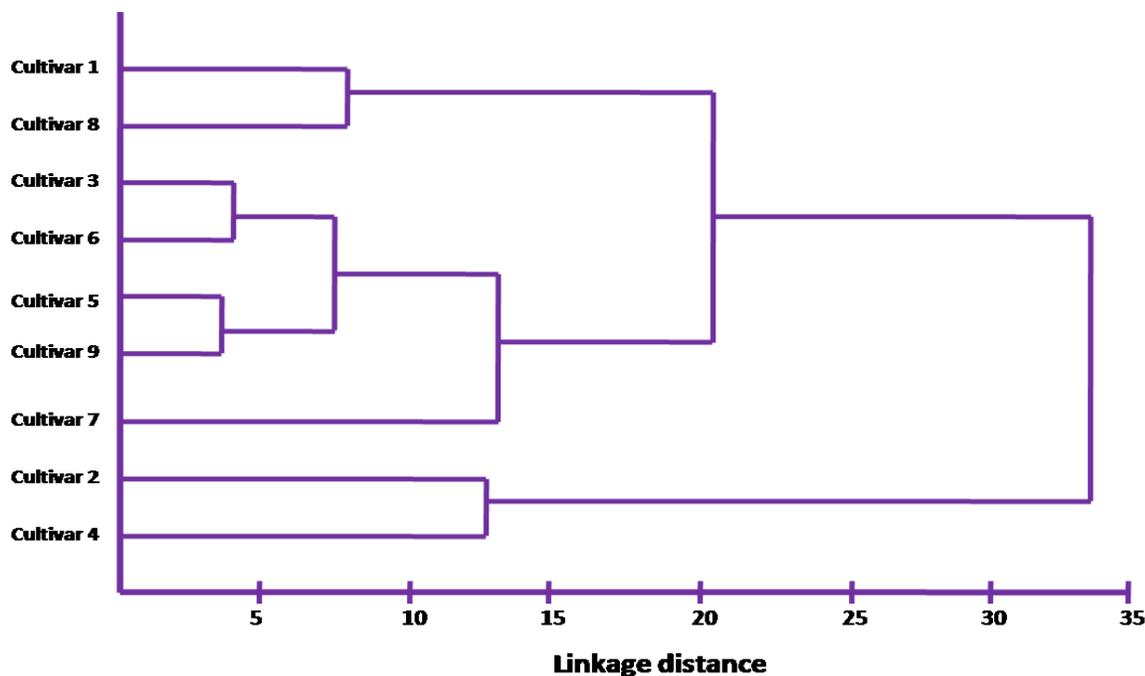


Figura 2. Cladograma obtenido en el análisis de agrupamiento, utilizando el método Ward, sobre la base de 8 caracteres morfoagronómicos cuantitativos.

CUADRO 3.

Autovalores, contribución a la varianza total, varianza acumulada y valores de los vectores propios en el análisis de componentes principales de caracteres cuantitativos.

Componentes	C1	C2	C3
Valores propios	4.084302	1.665446	1.176365
Contribución a la variación total (%)	51.05377	20.81808	14.70456
Varianza acumulada (%)	51.0538	71.8718	86.5764
Vectores propios	C1	C2	C3
Altura de la planta	-0.675594	-0.105566	-0.693817
Longitud del tallo floral	-0.778848	-0.061902	-0.558398
Longitud de la espiga floral	0.290386	-0.847679	-0.121896
Diámetro de la flor	-0.768066	0.350019	0.006630
Número de campanas	0.582403	-0.694725	-0.161756
Diámetro polar del cormo	-0.836320	-0.303328	0.238996
Diámetro ecuatorial del cormo	-0.757021	-0.376910	0.474381
Masa fresca del cormo	-0.857505	-0.304444	0.244846

DISCUSIÓN

Según el coeficiente de variación, los caracteres más heterogéneos fueron: masa fresca del cormo, diámetro polar del cormo, número de campanas por espiga y longitud de la espiga floral, coincidiendo éstos dos últimos con los caracteres de mayor variabilidad obtenidos en otros estudios. Por ejemplo, Bhajantri y Patil (2016), analizaron 30 genotipos de *Gladiolus* y observaron que la variable con mayor contribución a la variabilidad total fue diámetro de la flor (CV=20,46%) seguida por el número de campanas por espigas (CV=11,26%), vida en florero (CV=11,26%), largo de la espiga floral (CV=10,57%) y altura de la planta (CV=5,75%). DeshRaj y Mishra (1996) también reportaron grandes contribuciones a la variabilidad por parte de las variables diámetro de la flor y largo de la espiga floral.

Un método muy utilizado en estudios ecológicos para determinar variabilidad en los datos, es el intervalo de confianza para la media utilizando el método de Montecarlo, basado en la estadística de modelos nulos. Esta es una herramienta muy útil aplicable a la genética.

La estadística de modelos nulos utiliza simulaciones computarizadas para generar, a partir de la propia muestra de datos, una distribución de probabilidades en la cual no se tenga en cuenta el posible efecto que se quiere detectar, y

que es empleada para determinar cuánto se alejan los efectos detectados de aquellos que aparecerían en una distribución aleatoria sin dicho efecto. Muchos críticos han señalado que a veces los modelos nulos construidos tienen suposiciones biológicas que no son obvias, por lo que deben usarse con cuidado. En la última década, la estadística de modelos nulos ha sido fuertemente defendida por muchos autores como Harvey *et al.* (1983), Nitecki & Hoffman (1987), Wiens (1989), Harvey *et al.* (2003), Gotelli & Entsminger (2003) y Gotelli (2001).

Los intervalos de confianza para la media con una probabilidad de un 95%, señalan que el 95% de las veces que se repita el ensayo la media va a estar comprendida dentro de ese intervalo. Cuando se realiza la representación gráfica de los intervalos de confianza, se puede visualizar la disimilitud de las muestras si los intervalos de confianza no se superponen y no se requiere de una prueba de hipótesis para asegurar la diferencia. En un programa de mejora es necesario saber el grado con el que varía el germoplasma, una forma de estimarlo es mediante los intervalos de confianza, lo cual es relativamente fácil de observar e interpretar según la gráfica presentada.

Analizando la superposición de los intervalos de confianza se puede observar en el caso de la altura de la planta, que existen similitudes entre los cultivares 3, 5, 6, 7, y 9 debido a que, en cada uno de los casos, la media se encuentra contenida en el intervalo de confianza de los otros cultivares. También se observa similitud entre el cultivar 1 y 8, y entre el 2 y el 4. Para el carácter longitud del tallo floral, se observa gran similitud entre los cultivares 3, 6 y 7 y para los cultivares 1, 2, 4, 5, 8 y 9. Para el caso de la longitud de la espiga floral, se observa similitud entre los cultivares 1, 4, 6 y 7 y entre los cultivares 2, 3, 5, 8 y 9. En el caso del diámetro de la flor se observaron cultivares con un diámetro muy pequeño que no superaban los 8 cm, mientras que otros cultivares mostraron diámetros superiores a los 9,5 cm. El carácter número de campanas se comportó muy homogéneo entre las plantas de un mismo cultivar, a eso se debe los acortados intervalos de confianza, sin embargo, entre cultivares si varió, el cultivar 2 fue el que presentó mayor número de campanas. El diámetro polar del corno fue el carácter que más variación mostró basado en la representación gráfica y coincide con el de mayor coeficiente de variación, lo que afirma la heterogeneidad de esta variable. En los gráficos del diámetro ecuatorial de corno y masa fresca del corno también se observa diferencias notables entre los cultivares estudiados.

Los caracteres más heterogéneos son los más indicados para ser tomados en cuenta en programas de mejora genética. Los intervalos de confianza analizados anteriormente permitieron observar de forma preliminar, la alta variación existente en el germoplasma analizado y el alto grado de heterogeneidad en las variables estudiadas. Por tanto, se puede inferir, que dichas variables pueden ser utilizadas para la selección en el fitomejoramiento.

El análisis de componentes principales demostró que todas las variables aportaron a la variabilidad total, sin embargo, la de mayor aporte fue la masa fresca de corno con un valor de 0,86 en la primera componente, lo cual coincide con la evaluación preliminar de la variabilidad por ser la de mayor coeficiente de variación. La otra variable con mayor aporte fue la longitud del tallo floral con un valor de 0,84 en la segunda componente, siendo una de las variables con mayor coeficiente de variación (CV=11,09). También tuvo un gran aporte a la variabilidad, el diámetro polar del corno con un valor para la primera componente de 0,83. De forma general, las variables con mayores valores a las componentes coincidieron con las variables con mayores coeficientes de variación calculados anteriormente. De igual forma, PCA permite indicar las variables más idóneas para un programa de mejora genética y en este estudio se obtuvo que todas aportaron a la variabilidad, lo cual las hace indicadas para la mejora.

El método de Ward (Ward, 1963) es uno de los más utilizados en la práctica y posee casi todas las ventajas del método de la media y suele ser más discriminativo en la determinación de los niveles de agrupación. Además, es perfectamente aplicable porque todas las variables estudiadas son cuantitativas. Según Núñez & Escobedo (2011) en la interpretación de cladogramas, donde más errores se cometen, es en la definición de la altura de corte de los árboles para definir el número correcto de grupos. Para esto, no existen estadísticos exactos, sólo algunas pruebas pseudoestadísticas como

la t_2 de Hotelling (1951) y el criterio cúbico de agrupación obtenido por Searle (1983). Sin embargo, estas pruebas son difíciles de calcular y no siempre fáciles de interpretar. Por tanto, el investigador debe emitir el criterio basado en su experiencia para cortar su gráfica de árbol o cladograma.

El análisis de agrupamiento permitió la formación de un cladograma donde se puede visualizar la relación filogenética entre cada uno de los cultivares estudiados. Para la interpretación del gráfico, Núñez y Escobedo (2011), recomiendan tomar como criterio de agrupación valores en dependencia de la similitud con la que requieren ser agrupados los diferentes cultivares, lo que depende del objetivo del estudio. En este caso se ha tomado como criterio una distancia de ligamiento de 25, formándose así dos grupos principales.

El Grupo 1 incluye los cultivares 1, 8, 3, 5, 6, 7 y 9, los cuales tienen grandes semejanzas para las variables altura de la planta, longitud del tallo floral, diámetro polar del cormo, diámetro ecuatorial de cormo, ya que en todos los casos sus intervalos de confianza se solapan. El Grupo 2 Incluye los cultivares 2 y 4, los cuales se caracterizan por tener menor masa fresca del cormo y diámetro polar del cormo.

CONCLUSIONES

Según los valores del CV las variables más heterogéneas fueron: masa fresca del cormo, diámetro polar del cormo, número de campanas por espiga y longitud de la espiga floral, por tanto, la mejora de estos caracteres es posible dentro de este germoplasma.

Los intervalos de confianza para la media al 95% permitieron observar de forma preliminar, la alta variación existente en el germoplasma analizado.

El PCA demostró que todas las variables, aportaron a la varianza total, por lo que pueden ser tomadas en cuenta en programas de mejora.

En el análisis de agrupamiento se obtuvo dos grupos de gladiolo, lo que permite ver la cercanía genética entre cultivares para la futura planificación de cruzamientos.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova por facilitar las instalaciones y el personal para llevar a cabo esta experimentación.

REFERENCIAS

- Alves, C. E. Von, P., Duarte, P., Santos, G. & Parreira, R. (2011). Identificação de cultivares e certificação da pureza genética de gladiolo por meio de marcadores morfológicos. *Ciênc. Agrotec.*, 35 (4), pp. 692-700.
- Beltrán, M. (2005). Las flores de corte, una visión rápida. *Memorias de la Expoflor*. Toluca, México, 55 p.
- Verdugo, G., Montesinos, A., Zárate, F., González, A., Barbosa, B. & Biggi, M. A. (2007). Producción de flores cortadas V-Región: para pequeños productores de la agricultura familiar. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago, Chile.: Editorial Fundación para la Innovación Agraria.
- Bhajantri, B. & Patil, V. S. (2016). Genetic diversity analysis in *Gladiolus* Genotypes (*Gladiolus hybridus* Hort). *Journal of Applied and Natural Science*, 8(3), pp. 1416-1420.

- Buschman, J. C. M. (1985). El gladiolo como flor cortada en zonas subtropicales y tropicales. Amsterdam, Países Bajos: Editorial *International Bloembollen Center*.
- Carrodegua, A. y Zuñiga, A. (2020). Bases para la mejora genética en Gerbera híbrida. *Repertorio Científico*, 23(2), pp. 51-62.
- Chandel, S. & Deepika R. (2010). Recent advances in management and control of Fusarium yellows in Gladiolus species. *Journal of Fruit and Ornamental plant research*, 18, pp. 361-380.
- DeshRaj, R. L. & Misra, R. L. (1996). Genetic variability in *Gladiolus*. *J. Orn. Hort.*, 4 (1-2), pp.1-8.
- González E., Ayala, O. J., Carrillo, J. A., García, G., Yáñez, M. J. & Juana Juárez, J. (2011). Estudio del desarrollo, calidad de flor y dosis de fertilización en gladiolo (*Gladiolus grandiflorus* Hort.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(4), pp. 277-283.
- Gotelli, N. J. (2001). Research frontiers in null model analysis. *Global Ecology Biogeography*, 10, pp. 337-343.
- Gotelli, N. J. & Entsminger G. L. (2003). Swap algorithms in null model analysis. *Ecology*, 84, pp. 532-535.
- Harvey, P. H., Colwell, R., Silvertown, J. & May, R. M. (2003). Null Models in Ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 14(1), pp. 189-211.
- Hernández, J., Espinosa, J. F., Penaloza, M. E., Díaz, E., Sandoval, M. B., Riaño, M. E.,... Bermúdez, V. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: verificación de supuestos mediante un ejemplo aplicado a las ciencias de la salud. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), pp. 434-443.
- Hotelling, H. (1951). A Generalized t test and measure of Multivariate Dispersion. In Neyman, J. ed. Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics. Berkeley, USA: *University of California Press*.
- Nitecki, M. H. & Hoffmann, A. (1987). *Neutral models in biology*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Núñez, C. A. & Escobedo, D. (2011). Uso correcto del análisis clúster en la caracterización de germoplasma vegetal. *Agron. Mesoam*, 22(2), pp. 56-68.
- Ocampo, J. H., Escalante, J. A. S., Rodríguez, M. T., Landeros, F. & Escalante, L. (2012). Producción de gladiolo en función del nitrógeno, fósforo y potasio. *Terra Latinoamericana*, 30, pp. 239-248.
- 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), pp. 766-772.
- Sharma, S., Dastagiri, M. B. & Reddy, N. (2017). Morphological Variation and Evaluation of Gladiolus (*Gladiolus Hybridus* hort.) Cultivars. *J Hort*, 4 (4), pp. 16-26.
- Searle, W. S. (1983). Cubic clustering criterion. *SAS Technical Report A-108*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Ward, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58, pp. 236-244.

Wiens, J. A. (1989). The Ecology of Bird Communities. Volume 1. Foundations and Patterns. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Zuñiga, A. y Carrodegua, A. (2020). Factores importantes como base para el mejoramiento genético en el cultivo de la piña (*Ananas comosus* var. *comosus*). *Repertorio científico*, 23(2), pp. 37-50.