VARIACIÓN MORFOLÓGICA DE HÍBRIDOS F_1 DE GERBERA

MORPHOLOGICAL VARIATION OF GERBERA F_1 HYBRIDS

Azucena Rivera-Colín[1], Jaime Mejía-Carranza[1]*, Imelda Martínez-Estrada[1], Juan C. Reyes-Alemán[1], Andrés González-Huerta[2] y Marithza G. Ramírez-Gerardo[3]

[1]Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), Centro Universitario Tenancingo, Tenancingo, Estado de México, México. [2]UAEMex, Facultad de Ciencias Agrícolas, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, México. [3]Tecnológico de Estudios Superiores de Villa Guerrero, Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, La Finca, Villa Guerrero, Estado de México, México.

**Autor de correspondencia* (jmejiac@uaemex.mx)

RESUMEN

El principal método de mejoramiento genético en gerbera (*Gerbera hybrida*) es por hibridación y posterior selección. En México todas las variedades comerciales son importadas, lo que hace costosa su producción. El objetivo de esta investigación fue analizar la variación morfológica de 24 híbridos de gerbera obtenidos a través de cruzas intraespecíficas entre seis cultivares comerciales e identificar las variantes promisorias. Los híbridos se establecieron en invernadero en un diseño completamente al azar. Se evaluaron en plena floración mediante 44 descriptores propuestos por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). Se realizó análisis de varianza y análisis multivariados de agrupamiento, componentes principales y discriminante. Los híbridos mostraron el 65 % de las categorías que cubren la variación total de los descriptores empleados, con diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en variables cuantitativas e índices de 0.6 promedio entre valores extremos (menor/mayor); el diámetro del capítulo correlacionó positiva y significativamente con el ancho de la hoja ($r = 0.54$, $P \leq 0.01$) y con la longitud del pedúnculo ($r = 0.47$, $P \leq 0.05$). Se observaron 23 tonalidades en el color interno de la lígula exterior, así como los tres tipos de capítulo (sencillo, semidoble y doble). En un fenograma, con coeficiente de identidad promedio de 0.712 hubo separación de los híbridos en cinco grupos con distancias comprendidas entre 0.3 y 0.66. Los tres primeros componentes principales explicaron el 66 % de la varianza total, y las variables con mayor aporte correspondieron al capítulo floral. El análisis discriminante agrupó a los híbridos principalmente por las variables largo y ancho de la hoja, longitud de pedúnculo y diámetro del capítulo. Se identificaron híbridos con potencial comercial para flor de corte y de maceta, propagables mediante clonación *in vitro*.

Palabras clave: *Gerbera hybrida*, análisis multivariado, híbridos F_1, variación morfológica.

SUMMARY

The main method for breeding gerbera (*Gerbera hybrida*) is hybridization and subsequent selection. In Mexico, all commercial varieties are imported, which makes their production expensive. The aim of this research was to analyze the morphological variation of 24 gerbera hybrids previously obtained through intraspecific crosses between six commercial cultivars and to identify the promising variants. The hybrids were established in a greenhouse under a completely randomized design. They were evaluated at full bloom using 44 descriptors as proposed by the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV). Analyses of variance and multivariate cluster, principal component and discriminant analyses were applied. The hybrids showed 65 % of the categories that cover the total variation of the descriptors used, with highly significant differences ($P \leq 0.01$) in quantitative variables and indexes of 0.6 average between extreme values (lower/higher); the diameter of the flower head positively and significantly correlated with leaf width ($r = 0.54$, $P \leq 0.01$) and with peduncle length ($r = 0.47$, $P \leq 0.05$). Twenty-three shades were observed in the inner color of the outer ligule as well as the three types of flower head (single, semi-double and double). In a phenogram with an average identity coefficient of 0.712, the hybrids were separated into five groups with distances ranging from 0.3 to 0.66. The first three principal components explained 66 % of the total variance, and the variables with the highest contribution corresponded to the flower head. The discriminant analysis grouped the hybrids mainly by the variables leaf length and width, peduncle length and flower head diameter. Hybrids with commercial potential for cut and pot flower, amenable to propagate by *in vitro* cloning were identified.

Index words: *Gerbera hybrida*, F_1 hybrids, morphological variation, multivariate analysis.

INTRODUCCIÓN

La gerbera (*Gerbera hybrida*) es uno de los cultivos ornamentales de mayor comercialización a nivel internacional (Hansen, 2006), ocupa el quinto lugar en producción, después de rosa (*Rosa hybrida*), clavel (*Dianthus caryophyllus*), crisantemo (*Dendrathema grandiflora*) y tulipán (*Tulipa gesneriana*). A nivel nacional, el Estado de México es el mayor productor florícola, donde la gerbera ocupa la séptima posición en superficie cultivada (SIAP, 2018); sin embargo, el material vegetativo de las variedades cultivadas de gerbera procede del extranjero, principalmente de los Países Bajos e Italia (SIAP, 2018), lo que representa inversión tanto para su adquisición como para su clonación *in vitro* (Hansen, 2006; Rivera-Colín *et al*., 2019). Por lo anterior, la gerbera requiere de mejoramiento genético que permita, por una parte, disminuir costos por transporte del exterior y pago de regalías, y por la otra, ampliar la variación genética para la innovación en formas y colores de sus capítulos (Prajapati *et al*., 2014).

Recibido: 24 de octubre de 2020
Aceptado: 11 de mayo de 2021

El mejoramiento de la gerbera comúnmente se basa en hibridación controlada entre variedades con rasgos fenotípicos de interés que se desea combinar para posteriormente hacer selección fenotípica, generalmente en su progenie F_1, la cual es variada debido a la naturaleza heterocigótica de sus progenitores. Los individuos de la progenie seleccionados, son propagados vegetativamente para asegurar su uniformidad y después comercializarse en etapa de plántula (Bhatia *et al*., 2010). La selección fenotípica generalmente considera diferenciación en caracteres, como la morfología de las flores, tiempo a floración, longitud de pedúnculo, rendimiento y vida en florero (Rusinowski y Domeradzka, 2012). La diferenciación de caracteres fenotípicos se hace mediante caracterización morfológica, la que en conjunto con la caracterización molecular permiten identificar la variación genética existente (Prajapati *et al*., 2014); en este sentido, el estudio de la variabilidad puede iniciar con la identificación de características fenotípicas visuales que puedan servir como marcadores morfológicos para la diferenciación de individuos (Sun *et al.,* 2019).

El estudio de la variación fenotípica a través de la caracterización morfológica se ha abordado con herramientas estadísticas como el análisis multivariado de especies ornamentales, entre las que destacan la propia gerbera (Benemann *et al*., 2013), iris (*Iris germánica*) (Azimi *et al*., 2018) y romero ornamental (*Rosmarinus officinalis*) (Rinaldi *et al*., 2014), los cuales han permitido el agrupamiento de individuos a través de similitud fenotípica con aproximación a distancias genéticas (Colless, 1970) y agrupación por contribución de la varianza de sus diversas variables para la selección de progenitores que generen mayores posibilidades de combinaciones en la descendencia a fin de realizar una selección efectiva (Benemann *et al*., 2012). El objetivo del presente estudio fue analizar a partir de caracteres morfológicos un grupo de 24 híbridos de gerbera e identificar los sobresalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El estudio se realizó de 2016 a 2019 en la empresa Servicios Integrales de Horticultura Ornamental SA de CV en Villa Guerrero (18º 54' 58'' N, 99º 38' 37'' O) y en el Centro Universitario Tenancingo de la Universidad Autónoma del Estado de México (18º 58' 4'' N, 99º 36' 44'' O).

Material vegetal

Se emplearon 24 híbridos de gerbera (Cuadro 1) de cruzas realizadas por Rivera-Colín *et al*. (2019) a partir de seis cultivares de esta especie (Igloo, Fascination, Jessy, Alcatraz, Dino y MG24), con seis colores diferentes de capítulo (blanco, rosa, naranja claro, rojo oscuro, amarillo claro y rosa azulado medio, respectivamente), todos de tipo semidoble y con colores de disco en negro y verde indistintamente. La selección de los híbridos re realizó de acuerdo con la percepción de productores en tamaño grande y vistosidad del color del capítulo.

Propagación y cultivo

Botones florales de 0.4 a 0.6 cm se utilizaron como explantes de los híbridos F_1 y se cultivaron *in vitro* mediante organogénesis directa (Rivera-Colín *et al*., 2019). Las plántulas obtenidas de 15 días de edad se establecieron en invernadero bajo un diseño completamente al azar en camas de suelo de 30 × 0.6 × 0.4 m de largo, ancho y fondo, respectivamente, con pH de 6.4. La nutrición con solución de Steiner (1984) fue en fertirriego con dosificación de acuerdo con la etapa fenológica de la planta y temporada del año.

Evaluación

Las mediciones se hicieron en etapa de floración cuando las dos filas exteriores de florecillas del capítulo alcanzaron la antesis. La caracterización morfológica se realizó a partir de 51 descriptores de gerbera (UPOV, 2002), de los cuales se excluyeron cinco descriptores para capítulos bicolor en las flores liguladas exteriores, que estuvieron ausentes en progenitores y descendencia F_1, y dos sin variación (color único y distribución uniforme en las flores liguladas exteriores). De los 44 descriptores empleados, nueve fueron cuantitativos y 35 cualitativos.

Análisis estadístico

Los descriptores cuantitativos se sometieron a análisis de varianza, comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) y análisis de correlación de Pearson. Los 35 descriptores cualitativos se analizaron a partir de 203 categorías distribuidas en pedúnculo, capítulo, flor ligulada exterior, disco, pistilo, estambre y papus (Cuadro 4). Se realizó análisis multivariado con las cuatro variables cuantitativas con mayor coeficiente de variación e importancia agronómica (ancho de la hoja, longitud del pedúnculo, diámetro de capítulo y diámetro de involucro) y cuatro cualitativas seleccionadas por su variación y su importancia comercial (borde de la masa de las flores liguladas interiores, forma de la flor, tendencia a formar pétalos libres y color principal del lado interior de la flor ligulada). En el análisis de agrupamiento se empleó el método de mínima varianza de Ward y distancia de Gower; el análisis de componentes principales se utilizó para evaluar la contribución de cada descriptor en la diferenciación de los híbridos, y el análisis

Cuadro 1. Híbridos F_1 de gerbera evaluados.

Nombre del híbrido	Color de capítulo		Color de disco	Tipo de capítulo
	Núm. RHS†	Descripción		
Tayari (Tay)	47D	Rosa rojizo	Negro	SD
Magda (Mag)	58D	Rosa azulado medio	Verde	S
Morelia (Mor)	48C	Rosa	Verde	SD
Fabiola (Fab)	23C	Naranja amarillento medio	Negro	S
Imelda (Ime)	56B	Rosa azulado claro	Verde	D
Soledad (Sol)	4B	Amarillo medio	Negro	SD
Rafaela (Raf)	22A	Naranja amarillento oscuro	Negro	S
Fernanda (Fer)	56D	Rosa azulado claro	Verde	SD
Karla (Kar)	14B	Amarillo oscuro	Negro	SD
Boris (Bor)	16C	Naranja amarillento medio	Verde	S
Lisiecka (Lis)	32C	Naranja medio	Verde	S
Nancy (Nan)	155C	Blanco	Verde	S
Bob (Bob)	41C	Rojo anaranjado	Negro	SD
Melissa (Mel)	N34A	Rojo oscuro	Negro	SD
Anel (Ane)	53B	Rojo oscuro	Negro	D
Matilde (Mat)	50C	Rosa	Negro	SD
Valentina (Val)	36C	Rosa rojizo claro	Verde	SD
Ana (Ana)	56C	Rosa azulado claro	Verde	SD
Natalia (Nat)	63C	Rosa azulado medio	Negro	SD
Refugio (Ref)	62B	Rosa azulado medio	Negro	SD
Monika (Mon)	4D	Rosa (amarillo claro)	Negro	SD
Carmín (Car)	43B	Rojo claro	Verde	SD
Lilian (Lil)	72C	Rosa azulado claro	Verde	SD
Marina (Mar)	32C	Naranja medio	Verde	D

†Referencia de colores RHS (UPOV, 2018). D: doble, SD: semidoble, S: sencillo.

discriminante para determinar la importancia relativa de los caracteres en el agrupamiento de los híbridos. Los cálculos se realizaron con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al*., 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis cuantitativo

Se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en los nueve descriptores cuantitativos (Cuadro 2), con índice promedio entre valores extremos (menor/mayor) de 0.6. Estos valores significaron amplitud de casi el doble del valor entre el mayor y el menor registro de cada descriptor. Los mayores coeficientes de variación correspondieron a AH, DI, LP, AF y AI. Resultados similares han sido reportados para cultivo de gerbera en maceta (Das *et al*., 2012) con variación significativa en largo, ancho y área de hoja, así como longitud de pedúnculo.

El análisis de correlación destacó asociaciones significativas entre variables (Cuadro 3). El ancho de hoja correlacionó positiva y significativamente con el diámetro de capítulo ($r = 0.54$, $P \leq 0.01$) y con la longitud del pedúnculo ($r = 47$, $P \leq 0.05$). También, el largo y ancho de la hoja correlacionaron positivamente, variables que, de acuerdo con Magar *et al*. (2010), incrementan el rendimiento de flores por planta. En contraste, el diámetro y altura del

Cuadro 2. Medias (cm) de nueve caracteres cuantitativos en 24 híbridos F_1 de gerbera.

F_1	LH	AH	LP	DC	DI	AI	LF	AF	DD
Raf	42.7a**	14.7bc	56.4ab	11.2ab	3.59bc	2.0cd	3.6de	1.6ef	2.7cd
Val	43.1a	17.9d	63.0cd	12.0cd	3.62bc	1.7bc	5.2gh	1.3cd	3.5h
Mel	43.8a	13.5a	55.4ab	11.9bc	3.26ab	2.4je	4.5f	1.3cd	1.8b
Ane	44.2ab	13.0a	48.2a**	12.0cd	3.19ab	1.5ab	4.6f	0.6a*	3.5h
Nan	44.8ab	15.1bc	62.0bc	12.0cd	4.08de	1.5ab	2.6a	1.3cd	3.1f
Mat	45.0ab	12.8a**	65.4d**	9.8ab	3.29ab	1.9cd	3.5cd	1.2c	1.7b
Ref	46.6ab	13.7ab	63.1bc	11.4ab	3.44ab	1.7bc	4.9fg	1.3cd	2.8de
Nat	47.2bc	13.3a	54.4ab	10.9ab	2.41a**	2.3de	4.6f	1.3cd	1.8b
Tay	47.4bc	14.3bc	56.8ab	12.0cd	4.19de	1.6bc	5.4h	1.3cd	1.7b
Bor	47.8bc	18.4d**	61.9bc	11.5bc	3.8cd	2.0cd	3.0bc	1.8f**	3.4gh
Sol	47.9bc	14.2ab	57.1ab	11.4bc	4.2de	1.7bc	4.4f	1.4cd	3.5h
Ime	47.8bc	14.1ab	56.0ab	11.5bc	4.3de	1.3ab	3.5cd	1.3cd	2.6cd
Lis	48.0bc	16.0bc	60.6bc	12.2cd	3.5ab	2.0cd	3.4cd	1.6f	2.5c
Bob	48.4cd	14.8bc	57.6ab	9.5a**	3.3ab	2.5e**	2.6a	1.3cd	3.5h
Mar	48.5cd	14.6bc	58.0ab	10.7ab	3.5ab	1.8cd	4.6f	1.7k	2.5c
Lil	48.8cd	13.2a	56.3ab	10.5ab	4.4e**	1.6bc	4.5f	1.2c	1.4a*
Fer	49.1cd	15.1bc	61.3bc	11.9bc	3.8cd	1.9cd	3.9e	1.5de	2.8e
Kar	49.1cd	15.6bc	58.7bc	12.1cd	4.2de	2.1de	2.7ab	1.6ef	3.5h**
Mon	52.5de	17.2cd	62.9bc	11.4bc	3.5ab	1.3a*	4.9fg	1.2c	3.2fg
Car	52.8de	13.8ab	59.0bc	10.7ab	2.8a**	2.3de	5.2gh	0.8ab	2.5c
Mag	53.2e	17.4cd	64.5cd	11.9bc	3.6bc	1.6bc	3.6de	1.3cd	2.6cd
Fab	53.8e	13.3a	63.2bc	11.3ab	4.1de	2.3de	3.5cd	1.4cd	3.2fg
Ana	55.1e	18.4d	60.2bc	12.4d	3.6bc	2.4de	6.2i**	1.7f	2.5c
Mor	56.1e**	18.0d	62.6bc	12.7d**	4.3gh	1.79bc	2.6a**	0.9b	2.6cd
CV	5.04	14.95	10.1	8.8	11.5	10.67	7.03	10.09	5.05

Medias en columna con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.01$). LH: longitud de la hoja, AH: ancho de la hoja, LP: longitud del pedúnculo, DC: diámetro del capítulo, DI: diámetro del involucro, AI: altura del involucro, LF: longitud de la flor ligulada, AF: ancho de la flor ligulada, DD: diámetro del disco, CV: coeficiente de variación, *: $P \leq 0.05$, **: $P \leq 0.01$.

involucro correlacionaron negativa y significativamente ($r = -0.43$, $P \leq 0.05$), con efectos en la protección y dispersión de las semillas (Zhang *et al*., 2018).

Mor fue el híbrido con mayor potencial comercial al presentar el diámetro de capítulo más grande (12.7 cm), de los mejores en longitud (56.1 cm) y ancho (18.0 cm) de hoja y longitud de pedúnculo (62.6 cm), variables estrechamente asociadas con el área foliar y diámetro del capítulo (Magar *et al.*, 2010). Val, Lis, Mon, Mag y Ana presentaron los mayores valores de ancho de hoja, diámetro de capítulo y longitud de pedúnculo; éste último carácter, de acuerdo con Hermans *et al*. (2006), garantiza una mayor vida de florero y es uno de los caracteres que los consumidores consideran al adquirir una flor cortada; sin embargo, Hansen (2006) y Shwetha *et al*. (2014) indicaron que los tallos florales con pedúnculos superiores a 60 cm sufren la curvatura del mismo, al igual que aquellos cultivares que tienen inflorescencias excesivamente densas y con más peso que favorecen la formación de la curvatura del pedúnculo e incluso su rompimiento. En contraste a los híbridos anteriores, Ane fue significativamente inferior para largo de pedúnculo (48.2 cm), lo mismo para el carácter ancho de flor ligulada (0.6 cm), lo que lo posiciona como un híbrido potencial para cultivo en maceta (Das *et al.*, 2012; Zheng *et al*., 2004).

Análisis cualitativo

Los híbridos F_1 mostraron 23 diferentes tonalidades en la parte interior de las flores liguladas exteriores (Cuadro 1), valor superior en casi tres veces con respecto a sus

Cuadro 3. Correlación de Pearson con nueve variables cuantitativas de híbridos F_1 de gerbera.

	LH	AH	LP	DC	DI	AI	LF	AF	DD
LH	1.00								
AH	0.40*	1.00							
LP	0.37	0.47*	1.00						
DC	0.19	0.54**	0.10	1.00					
DI	0.17	0.19	0.17	0.34	1.00				
AI	0.14	-0.08	-0.05	-0-21	-0.43*	1.00			
LF	0.02	-0.06	-0.21	0-09	-0.31	-0.01	1.00		
AF	-0.07	0.31	0.23	0.13	0.18	0.23	-0.12	1.00	
DD	0.02	0.36	0.09	0.16	0.14	0.13	-0.29	0.05	1.00

LH: longitud de la hoja, AH: ancho de la hoja, LP: longitud del pedúnculo, DC: diámetro del capítulo, DI: diámetro del involucro, AI: altura del involucro, LF: longitud de la flor ligulada, AF: ancho de la flor ligulada, DD: diámetro del disco, *: $P \leq 0.05$, **: $P \leq 0.01$.

progenitores, que tuvieron seis diferentes tonalidades (Rivera-Colín *et al*., 2019). En tipo de capítulo, los descendientes F_1 exhibieron indistintamente los tres tipos: sencillo, semidoble y doble (Cuadro 1), a diferencia de sus progenitores, que mostraron sólo tipo semidoble. Esta diversidad del tipo de capítulo en los híbridos amplía las alternativas disponibles para el mercado, al ofrecer ejemplares dobles (Ime, Ane y Mar), los cuales son atractivos para los compradores (Das *et al*., 2012). El color del disco fue indistintamente verde o negro en todos los descendientes, carácter que de acuerdo con Kloos *et al*. (2005), es controlado por un gen mayor con dominancia para el color negro.

De 203 categorías en los 35 descriptores cualitativos, se observaron 132 en los híbridos F_1 (Cuadro 4), que en razón de proporcionalidad (observadas/registradas), representó el 65 % de la variación en los 44 descriptores de la UPOV (2002) analizados.

Análisis de agrupamiento

La matriz de similitud presentó una correlación cofenética de 0.843, que de acuerdo con Benemann *et al*. (2012), representa un alto grado de correspondencia entre las variables analizadas y certeza en los grupos formados. El fenograma, con coeficiente de identidad promedio de 0.712 (línea de corte) separó a los híbridos en cinco grupos (Figura 1). El primer grupo incluyó A Mat, Ana, Nat, Mel y Bob, cuyo distintivo principal es el capítulo semidoble y disco de color negro (con excepción de Ana, que es verde); el segundo grupo contuvo sólo a los híbridos Car y Raf, los cuales no manifestaron diferencias en el capítulo; el tercer grupo incluyó a Val, Lis, Ref, Nan, Bor y Mag, que compartieron el disco en color verde (excepto Ref) y capítulo sencillo (excepto Ref y Val); el cuarto grupo concentró a Ime, Kar, Fab, Mon, Fer, Ane y Mor, los cuales no mostraron una característica en común. El quinto grupo incluyó a Mar, Sol, Lil y Tay, caracterizados por tipo de capítulo semidoble, con excepción de Mar, que lo mostró doble.

El grupo 4, con un valor de 0.66, fue el más distante, seguido estrechamente del grupo 3, ambos fueron los más numerosos; contrariamente, el grupo 2 fue el de menor disimilitud, con una distancia aproximada de 0.5, aunque de forma individual, sus integrantes Car y Raf fueron los más distantes. De manera opuesta, Ref, Nan, Mon Fer, Lil y Tay fueron los híbridos de menor disimilitud, con los valores más próximos a cero. En un estudio similar, pero con diferentes cultivares y especies silvestres del género *Gerbera*, Benemann *et al*. (2013) reportaron disimilitudes de 0.0 a 0.5, lo cual sugiere una menor variación fenotípica con respecto a los de la presente investigación, cuyos valores oscilaron de 0.5 a 0.66, aun cuando todos los individuos fueron de descendencia F_1 de cultivares comerciales. En contraste, ejemplares silvestres, los cuales pudieran manifestar mayor disimilitud fenotípica al no estar sujetos a procesos de selección, Benemann *et al*. (2013) los reportan también con mayor divergencia genética.

Análisis de componentes principales

Los tres primeros componentes principales (CP1, CP2 y CP3) explicaron el 66 % de la variación total observada. En el CP2 la variación acumulada fue de más del 50 % (Cuadro 5). En el CP1 las variables con mayor aportación de varianza fueron tendencia a formar pétalos libres y borde de la masa de las flores liguladas interiores (Cuadro 6), mientras que para el CP2 fueron diámetro del involucro y color principal del lado exterior de la flor ligulada exterior.

Cuadro 4. Descriptores cualitativos en estructuras de la planta de híbridos F_1 de gerbera.

Estructura	Descriptor	Cd	Ce	Moda
Limbo de la hoja	Abullonado	5	4	Ausente
	Pubescencia en el haz	5	4	Media
	Profundidad de las incisiones en el tercio central	3	3	Media
	Color verde del haz	3	3	Media
	Forma del ápice	5	5	Moderadamente agudo
Pedúnculo	Intensidad de la pigmentación antociánica en la base	5	4	Fuerte
	Pigmentación antociánica en la punta	2	2	Ausente
	Brácteas debajo del involucro	2	2	Ausente
Capítulo	Tipo	3	3	Semidoble
	Diámetro de la masa de las flores liguladas interiores comparados con el capítulo (variedades semidobles o dobles únicamente)	3	3	Grande
	Borde de la masa de las flores liguladas interiores	2	2	Irregular
	Posición de la parte distal de las brácteas en relación con las flores liguladas exteriores	2	2	En contacto
	Pigmentación antociánica en la parte distal de las brácteas interiores	2	2	Ausente
	Intensidad de la pigmentación antociánica en la parte distal de las brácteas interiores	3	2	Débil
Flor ligulada exterior	Nivel del ápice en relación con la punta del involucro	3	3	Mismo nivel
	Forma	2	2	Abobada estrecha
	Eje longitudinal	5	4	Moderadamente curvada hacia abajo
	Eje longitudinal	3	3	Recto
	Perfil en sección transversal de la parte mediana de la lígula	3	3	Recto
	Forma del ápice	2	2	Redondeada
	Profundidad de las incisiones	5	4	Media
	Flor ligulada exterior: tendencia a formar largos pétalos libres	2	2	Ausente
	Color del lado interno	73	24	Rojo
	Presencia de estrías	2	2	Ausente
	Color principal del lado exterior	9	6	Rosa
Disco del capítulo	Disco oscuro antes de abrirse las florecillas (variedades sencillas o semidobles)	2	2	Ausente y presente
	Variedades sencillas solamente: color principal de los lóbulos del perianto de las florecillas del disco de las hileras exteriores:	7	3	Amarillo
	Florecillas de disco de las hileras exteriores: color principal de los lóbulos del perianto (variedades semidobles y dobles únicamente)	8	7	Rojo
	Color principal de los lóbulos del perianto de las florecillas bisexuales	7	5	Rosa
Pistilo	Color principal de la parte distal (estigma)	7	4	Amarillo
Estambre	Color principal de las anteras	7	5	Anaranjado
	Color del extremo de las anteras: en relación con las demás partes	3	3	El mismo
	Rayas longitudinales en las anteras	2	2	Ausencia
Papús	Color del extremo en relación con las demás partes	3	3	El mismo
	Nivel del extremo en relación con las florecillas de disco cerradas	3	2	El mismo nivel
Total	35	203	132	

Cd: categorías del descriptor, Ce: categorías encontradas (UPOV, 2002).

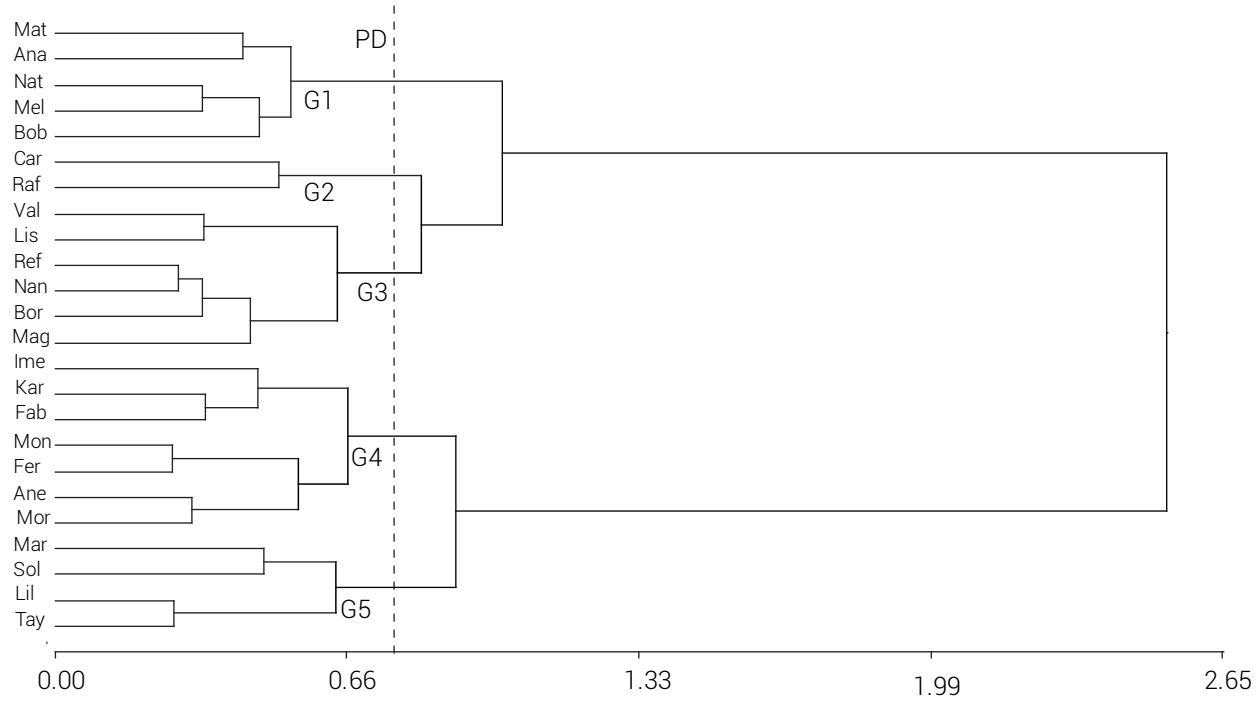


Figura 1. Análisis de agrupamiento de 24 híbridos F_1 de gerbera con distancia promedio de disimilitud (PD) de 0.712. G: grupos (1, 2, 3, 4, 5).

Cuadro 5. Componentes principales de ocho variables morfológicas en 24 híbridos F_1 de gerbera.

Componente Principal	Valores propios (λp)	Proporción de la varianza total explicada (%)	
		Absoluta	Acumulada
1	2.91	36	36
2	1.32	17	53
3	1.05	13	66
4	0.71	9	75
5	0.63	8	83
6	0.58	7	90
7	0.46	6	96
8	0.33	4	100

Cuadro 6. Coeficientes de los vectores propios de las variables con mayor aporte en la varianza de los cuatro primeros componentes principales en híbridos F_1 de gerbera.

Caracteres	Componentes principales			
	1	2	3	4
Borde de la masa de las flores liguladas interiores	0.45	-0.17	-0.23	0.06
Forma de la flor	-0.39	-0.04	-0.03	0.68
Tendencia a formar pétalos libres	0.47	0.13	-0.27	0.04
Color principal del lado exterior (flor)	-0.33	0.54	-0.04	0.11
Largo de la hoja	0.39	-0.23	0.04	0.38
Largo de pedúnculo	0.12	-0.08	0.91	-0.09
Diámetro de capítulo	0.31	0.39	0.22	0.56
Diámetro de involucro	0.24	0.67	0.03	-0.25

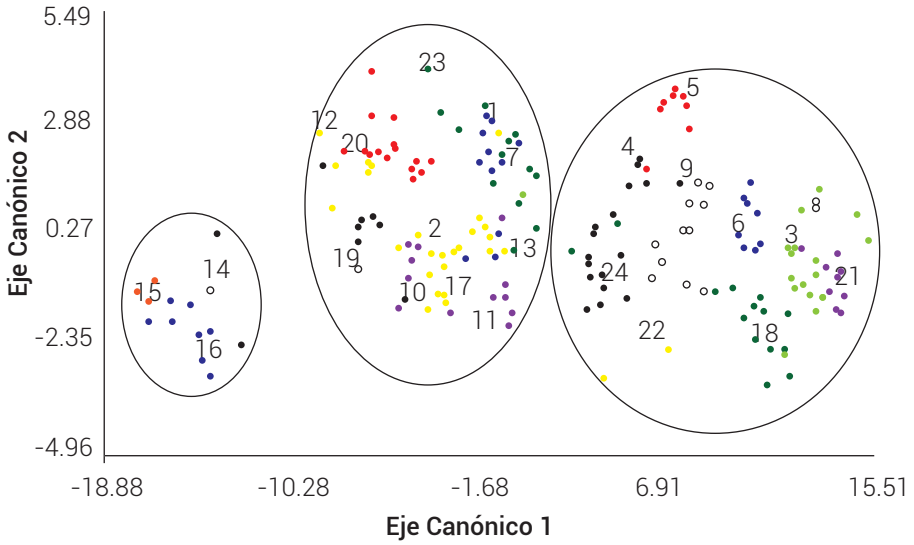


Figura 2. Representación gráfica de los dos primeros ejes canónicos del análisis discriminante de 24 híbridos de gerbera con ocho variables morfológicas.

En el CP3 las variables de mayor aporte fueron largo del pedúnculo y tendencia a formar pétalos libres (Cuadro 6). Estudios en *Gerbera* spp. (Benemann *et al*., 2013) y lirio (*Iris germánica*) (Azimi *et al*., 2018) mostraron también que variables como el ancho de la flor son las de mayor aporte en la explicación de la variación. En esta investigación las variables asociadas al capítulo floral son las que mayor aporte hicieron a la variación entre los híbridos evaluados.

Análisis discriminante

El análisis discriminante mostró la formación de tres grupos con los 24 híbridos (Figura 2). Un grupo incluyó a Mel, Ane y Mat, que son plantas con valores bajos en longitud y ancho de hoja y longitud del pedúnculo; son de capítulos dobles y semidobles y de colores rojo oscuro a rosa (Cuadro 1). Otro grupo comprendió a Tay, Mag, Raf, Bor, Ref, Lis, Nan, Bob, Nat, Val y Lil, la mayoría de los cuales son de porte medio (Cuadro 2); estos híbridos presentaron una gama de colores desde blanco hasta rojo anaranjado, con tipo de disco simple y semidoble (Cuadro 1). El último grupo incluyó a Fab, Mor, Ime, Sol, Fer, Kar, Ana, Mon, Kar y Mar, los cuales representan a plantas de mayor tamaño y de capítulos semidobles a dobles y de colores desde rosa hasta rojo claro. El criterio de separación de los grupos fue por las variables largo y ancho de hoja y longitud del pedúnculo (Cuadro 2), las cuales, de acuerdo con Magar *et al*. (2010), afectan el tamaño de planta. Esta condición de separación en la caracterización morfológica, representa, de acuerdo con Radmann y Olivera (2003), un paso importante en la generación y selección de fenotipos en un proceso continuo del mejoramiento genético.

CONCLUSIONES

Los híbridos mostraron 65 % de las categorías que cubren los 44 descriptores de la UPOV para gerbera y sus progenitores mostraron mayor número de tonos en el color interno de la lígula exterior, así como presencia de los tres tipos de capítulo (sencillo, semidoble y doble). Las variables cuantitativas presentaron intervalos promedio de casi el doble entre mediciones extremas de cada descriptor. Los descendientes F_1 se agruparon en cinco categorías, lo que demuestra variación genética entre ellos. Se identificaron híbridos con alto potencial comercial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento otorgado para los estudios de doctorado de Azucena Rivera-Colín.

BIBLIOGRAFÍA

Azimi M. H., S. Jozghasemi and R. Barba-Gonzalez (2018) Multivariate analysis of morphological characteristics in *Iris germanica* hybrids. *Euphytica* 214:161, https://doi.org/10.1007/s10681-018-2239-7

Benemann D. P., L. N. Machado, L. W. P. Arge, V. J. Bianchi, A. C. Oliveira, L. C. Maia and J. A. Peters (2012) Identification, characterization and validation of SSR markers from the gerbera EST database. *Plant Omics Journal* 5:159-166.

Benemann D. P., A. L. W. Pacheco, B. W. Silva, V. J. Bianchi, M. I. Segeren and J. A. Peters (2013) Genetic divergence among *Gerbera* spp. genotypes based on morphological traits. *Journal of Agricultural Science* 5:35-45, https://doi.org/10.5539/jas.v5n5p35

Bhatia R., K. P. Singh, T. Jhang and T. R. Sharma (2010) Evaluation of the genetic fidelity of in vitro-propagated gerbera (*Gerbera*

jamesonii Bolus) using DNA-based markers. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 104:131-135, https://doi.org/10.1007/s11240-010-9806-5

Colless D. H. (1970) The phenogram as an estimate of phylogeny. *Systematic Biology* 19:352-362, https://doi.org/10.2307/2412276

Das C., F. H. Shammy, S. U. Habiba, M. S. Islam and A. F. M. J. Uddin (2012) Growth and yield performance of exotic potted gerbera cultivars (*Gerbera jamesonii* L.). *Bangladesh Research Publications Journal* 7:16-20.

Di Rienzo J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C. W. Robledo (2016) InfoStat Software Estadístico. Manual del Usuario Versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.

Hansen H. V. (2006) Comments on the *Gerbera*-complex (Asteraceae: Mutisieae). *SIDA Contributions to Botany* 22:539-543, https://doi.org/10.2307/41968606

Hermans C., J. P. Hammond, P. J. White and N. Verbruggen (2006) How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? *Trends in Plant Science* 11:610-617, https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.10.007

Kloos W. E., C. G. George and L. K. Sorge (2005) Dark disk color in the flower of *Gerbera hybrida* is determined by a dominant gene, *Dc*. *HortScience* 40:1992-1994, https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.7.1992

Magar S. D., S. D. Warade, N. A. Nalge and C. A. Nimbalkar (2010) Correlation and path analysis studies in gerbera (*Gerbera jamesonii*). *International Journal of Plant Sciences* 5:553-555.

Prajapati P., P. Prajapati, A. Singh, N. L. Patel, D. Singh and V. Srivastav (2014) Evaluation of genetic diversity in different genotypes of *Gerbera jamesonii* Bolus using random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. *African Journal of Biotechnology* 13:1117-1122, https://doi.org/10.5897/AJB2013.13347

Radmann E. B. e R. P. Oliveira (2003) Caracterização de cultivares apirênicas de citros de mesa por meio de descritores morfologicos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38:1123-1129, https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000900015

Rinaldi, S., B. De Lucia, L. Salvati and E. Rea (2014) Understanding complexity in the response of ornamental rosemary to different substrates: a multivariate analysis. *Scientia Horticulturae* 176:218-224, https://doi:10.1016/j.scienta.2014.07.011

Rivera-Colín A., J. Mejía-Carranza, L. M. Vázquez-García, E. Urbina-Sánchez y M. G. Ramírez-Gerardo (2019) Aptitud combinatoria y heterosis en variedades de gerbera (*Gerbera* × *hybrida*). *Revista Fitotecnia Mexicana* 42:155-162, https://doi.org/10.35196/rfm.2019.2.155-162

Rusinowski Z. and O. Domeradzka (2012) Evaluation of the utility of the random amplified polymorphic DNA method and of the semi-specific PCR to assess the genetic diversification of the *Gerbera jamesonii* Bolus line. *The Scientific World Journal* 2012:450920, https://doi.org/10.1100/2012/450920

Shwetha K. B., G. K. Seetharamu, H. Ansar and S. A. Kumar (2014) Assessment of gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus ex. Hooker F.) cultivars under different growing conditions. *Madras Agriculture Journal* 101:390-395.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2018) Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad de México. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ (Septiembre 2021).

Steiner A. A. (1984) The universal nutrient solution. Sixth International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp:633-650.

Sun W., X. Yuan, Z. J. Liu, S. Lan, W. C. Tsai and S. Q. Zou (2019) Multivariate analysis reveals phenotypic diversity of *Euscaphis japonica* population. *PLoS ONE* 14:e0219046, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219046

UPOV, Unión Internacional Para la Protección de las Obtenciones Vegetales (2002) Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad, Gerbera (*Gerbera* Cass.) TG/77/9. Unión Internacional para la Protección de las obtenciones Vegetales. Ginebra, Suiza. 29 p. https://www.upov.int/edocs/tgdocs/es/tg077.pdf (Agosto 2021).

UPOV, Unión Internacional Para la Protección de las Obtenciones Vegetales (2018) Nombres de los colores de la carta de colores RHS. Documento TC/54/22. Unión Internacional para la Protección de las obtenciones Vegetales. Ginebra, Suiza. 41 p. https://www.upov.int/meetings/en/doc_details.jsp?meeting_id=48107&doc_id=416979 (Agosto 2021).

Zhang Y., Y. Yang, X. Xi, K. J. Niklas and S. Sun (2018) Do species with large capitula suffer higher rates of predispersal seed loss than species with small capitula? A field survey of 34 Asteraceae species in an alpine meadow. *International Journal of Plant Sciences* 179:554-559, https://doi.org/10.1086/698766

Zheng Y., T. Graham, S. Richard and M. Dixon (2004) Potted gerbera production in a subirrigation system using low-concentration nutrient solution. *HortScience* 39:1283-1286, https://doi.org/10.21273/HORTSCI.39.6.1283