



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**



**CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TENANCINGO**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS  
NATURALES**

**GENERACION DE HÍBRIDOS DE GERBERA (*Gerbera jamesonii* Bolus)**

## **TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:**

**AZUCENA RIVERA COLÍN**

**Tutor académico:** Dr. Luis Miguel Vázquez García

**Tutor adjunto:** Dr. Jaime Mejía Carranza

**Tutor adjunto:** Dra. Elizabeth Urbina Sánchez

Santa Ana Ixtlahuatzingo, Tenancingo, Estado de México, Octubre 2015.

## **DEDICATORIA**

A DIOS Y A MI FAMILIA, dedico el éxito y satisfacción de esta investigación. A mis padres y hermanos quienes aún en la distancia siempre han estado conmigo.

A mi esposo Rafael, a mis ángeles Ana María y Jesús Rafael por su gran calidad humana apoyo incondicional, amor, alegría y ánimo contagioso, que no me dejaron desfallecer para así poder llevar acabo la culminación de este proyecto.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, quien me regalo a mí familia, me regala cada amanecer y por sobre todo quien me regala el entendimiento para realizar cada reto de vida.

Deseo expresar de todo corazón mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que me brindaron su colaboración, sus conocimientos, su ayuda incondicional y por sobre todo su amistad durante la realización de esta investigación.

Dr. Luis Miguel Vázquez García. Gracias por su sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico.

Dr. Jaime Mejía Carranza. Gracias por su persistencia, paciencia y motivación

Dra. Elizabeth Urbina Sánchez. Gracias por su disposición y comentarios acertados

Este es el esfuerzo de un gran equipo de trabajo, a cada uno de ellos, Gracias.

## CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| I. INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| II. REVISION DE LITERATURA .....                               | 3  |
| 2.1 Familia Asteraceae.....                                    | 3  |
| 2.2 Gerbera.....   | 5  |
| 2.2.1 Especie .....  | 5  |
| 2.2.2 Descripción Morfológica .....                            | 6  |
| 2.2.2.1 Raíz.....  | 7  |
| 2.2.2.2 Tallo .....  | 7  |
| 2.2.2.3 Pedúnculo.....   | 7  |
| 2.2.2.4 Flores .....   | 7  |
| 2.2.2.5 Capítulo floral .....                                  | 10 |
| 2.2.2.6 Fruto.....   | 10 |
| 2.2.3 Propagación.....   | 11 |
| 2.2.4 Beneficios ecológicos .....                              | 11 |
| 2.2.5 Manejo agronómico .....                                  | 12 |
| 2.2.5.1 Temperatura .....                                      | 12 |
| 2.2.5.2 Humedad relativa .....                                 | 12 |
| 2.2.5.3 Luz .....  | 12 |
| 2.2.5.4 Concentración de CO <sub>2</sub> .....                 | 12 |
| 2.2.5.5 Preparación del suelo .....                            | 13 |
| 2.2.5.6 Plantación .....                                       | 13 |
| 2.2.5.7 Deshojado.....   | 14 |
| 2.2.5.8 Reposo vegetativo.....                                 | 15 |
| 2.2.5.9 Fertilización.....                                     | 15 |
| 2.2.5.10 Riego.....  | 16 |
| 2.2.6 Plagas .....   | 16 |
| 2.2.6.1 Minador ( <i>Liriomyza trifolii</i> ).....             | 16 |
| 2.2.6.2 Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> ) .....      | 17 |
| 2.2.6.3 Mosca blanca ( <i>Trialeurodes vaporariorum</i> )..... | 17 |
| 2.2.6.4 Araña roja ( <i>Tetranychus urticae</i> ) .....        | 17 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| 2.2.6.5    | Ácaros ( <i>Poluphagotarsonemus latus</i> , <i>Tarsonemus pallidus</i> ) .....   | 18 |
| 2.2.6.6    | Orugas ( <i>Spodoptera sp.</i> ; <i>Heliothis sp.</i> ; <i>Antographa gama</i> , <i>Chrysodeixis chalcites</i> ) ..... | 18 |
| 2.2.7      | Enfermedades.....  | 18 |
| 2.2.7.1    | <i>Verticillium dahlie</i> .....   | 18 |
| 2.2.7.2    | <i>Rhizoctonia solani</i> .....  | 19 |
| 2.2.7.3    | Oídio ( <i>Erysiphae cichoracearum</i> ) .....   | 19 |
| 2.2.7.4    | Podredumbre gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ) .....   | 20 |
| 2.2.7.5    | <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....  | 20 |
| 2.2.7.6    | Nemátodos ( <i>Meloidogyne spp.</i> ) .....  | 21 |
| 2.2.7.7    | Virus del “rattle” del tabaco .....  | 21 |
| 2.2.7.8    | Virus de la marchitez manchada del tomate .....  | 21 |
| 2.2.7.9    | Caída de pétalos .....   | 22 |
| 2.2.8      | Importancia económica .....  | 22 |
| 2.2.9      | Mejoramiento vegetal .....   | 23 |
| 2.2.9.1    | Métodos básicos de la mejorara vegetal .....   | 26 |
| 2.2.9.1.1  | Selección masal simple .....   | 26 |
| 2.2.9.1.2  | Cruzamiento .....  | 27 |
| 2.2.9.1.3  | Mutación inducida .....  | 27 |
| 2.2.9.1.4  | Manipulación cromosómica .....   | 27 |
| 2.2.9.1.5  | Cultivo <i>in vitro</i> .....  | 27 |
| 2.2.9.1.6  | Ingeniería genética .....  | 28 |
| 2.2.10     | Hibridación .....  | 28 |
| 2.2.10.1   | Importancia económica de los híbridos .....  | 33 |
| 2.2.10.2   | Proceso para el desarrollo de híbridos .....   | 34 |
| 2.2.10.3   | Evaluación de híbridos .....   | 36 |
| 2.2.10.3.1 | Aptitud Combinatoria General y Específica .....  | 36 |
| 2.2.10.3.2 | Heterosis .....  | 38 |
| III.       | JUSTIFICACIÓN.....   | 41 |
| IV.        | HIPÓTESIS.....   | 43 |
| V.         | OBJETIVOS.....   | 44 |
| 5.1        | Objetivo general .....   | 44 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 5.2 Objetivos específicos .....      | 44  |
| VI. METODOLOGÍA.....                 | 45  |
| 6.1 Selección de progenitores .....  | 45  |
| 6.1.1 Lugar de experimentación ..... | 45  |
| 6.1.2 Material biológico .....       | 45  |
| 6.1.3 Sistemas de producción.....    | 47  |
| 6.1.4 Variables evaluadas.....       | 47  |
| 6.1.4.1 Rendimiento.....             | 47  |
| 6.1.4.2 Altura de pedúnculo .....    | 48  |
| 6.1.4.3 Diámetro de capítulo .....   | 48  |
| 6.1.4.4 Vida en florero .....        | 48  |
| 6.2 Evaluación de híbridos.....      | 49  |
| 6.5 Diseño experimental.....         | 55  |
| 6.6 Análisis estadístico.....        | 56  |
| VII. RESULTADOS Y DISCUSION .....    | 57  |
| 7.1 Selección de progenitores .....  | 57  |
| 7.2 Evaluación de híbridos.....      | 60  |
| 7.3 Artículo.....                    | 70  |
| VIII. CONCLUSIONES GENERALES .....   | 94  |
| IX. BIBLIOGRAFÍA.....                | 96  |
| X. ANEXOS .....                      | 104 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Cuadro 1.</b> | Especies asteráceas con importancia económica (Barkley, 2005).....   | 3  |
| <b>Cuadro 2.</b> | Clasificación científica de la gerbera (Hansen, 1985).....   | 6  |
| <b>Cuadro 3.</b> | Características a considerar al obtener un híbrido.....  | 36 |
| <b>Cuadro 4.</b> | Origen y características de variedades de <i>Gerbera jamesonii</i> Bolus seleccionadas para evaluación como progenitores en esquemas de hibridación.....         | 46 |
| <b>Cuadro 5.</b> | Propiedades físicas y químicas del sustrato para producción de gerbera.....  | 52 |
| <b>Cuadro 6.</b> | Resumen del análisis de varianza y comparación de medias (Tukey $p < 0.05$ ) para sistemas de producción semihidroponía y suelo.....                             | 57 |
| <b>Cuadro 7.</b> | Matriz de Correlación de Pearson para variables de rendimiento y calidad de gerbera en los sistemas de producción de semihidroponía y suelo.....                 | 58 |
| <b>Cuadro 8.</b> | Selección de las seis variedades que presentaron los mejores resultados para el sistema de producción en semihidroponía y el sistema de producción en suelo..... | 60 |

|                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| <b>Cuadro 9.</b>  | Medias de Rendimiento (Ro), vida en florero (VF), diámetro de capítulo (DC) y altura de pedúnculo (AP) de progenitores e híbridos F <sub>1</sub> de gerbera.....                                      | 62 |
| <b>Cuadro 10.</b> | Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico de seis progenitores de gerbera y sus cruzas directas y recíprocas.....   | 63 |
| <b>Cuadro 11.</b> | Cuadrados medios del análisis de varianza para ACG y la ACE de progenitores y cruzas de gerbera para rendimiento, vida en florero, diámetro de capítulo y altura de pedúnculo.....                    | 64 |
| <b>Cuadro 12.</b> | Efectos de aptitud combinatoria general y específica para rendimiento (Ro), vida en florero (VF), diámetro de capítulo (DC) y altura de pedúnculo (AP) de seis variedades y 15 cruzas de gerbera..... | 66 |
| <b>Cuadro 13.</b> | Heterosis (%H) de 15 cruzas con respecto al promedio de progenitores para para rendimiento (Ro), vida en florero (VF), diámetro de capítulo (DC) y altura de pedúnculo (AP).....                      | 68 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Figura 1.</b> | Diversidad de flores de la familia Compositae.....                             | 3  |
| <b>Figura 2.</b> | <i>Gerbera jamesonii</i> , <i>G. viridifolia</i> (McDonald, et al., 1997)..... | 5  |
| <b>Figura 3.</b> | Morfología de gerbera, modificado de Bañón, 1993.....                          | 6  |
| <b>Figura 4.</b> | Capítulo floral de gerbera, modificado de Bañón, 1993.....                     | 10 |
| <b>Figura 5.</b> | Semillas de gerbera.....   | 25 |
| <b>Figura 6.</b> | Factores que dan origen al fenotipo.....                                       | 26 |
| <b>Figura 7.</b> | Proceso para el desarrollo de híbridos.....                                    | 35 |
| <b>Figura 8.</b> | Proceso para el desarrollo de híbridos de gerbera.....                         | 49 |
| <b>Figura 9.</b> | Proceso de clonación a través de botón floral de los híbridos obtenidos...     | 54 |

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de ornamentales a nivel nacional es de 23,000 ha., con un total de 25,000 productores que representan un valor de producción de 6100 millones de pesos. Solo el 5% se exporta. (SNICS, 2014). Uno de los cultivos ornamentales más importantes es la gerbera (*Gerbera x hybrida*) perteneciente a la familia Asteraceae. Es una planta herbácea, vivaz, en roseta, cuyo cultivo puede durar varios años, según cultivares y técnicas de manejo empleadas (Villaseñor, 2004). Las variedades comerciales proceden de hibridaciones con especies (*Gerbera jamesonii* y *G. viridifolia*), del sur de África, donde el clima es tropical de montaña (Nesom, 2004).

El mejoramiento genético de la gerbera comenzó a finales del siglo IXX, en Cambridge Inglaterra, cuando Richard Lynch, cruzó *G. jamesonii* con *G. viridifolia*. Las variedades comerciales recientes fueron originadas en este cruzamiento y se denominan híbridos de *G. jamesonii* dado que la principal contribución genética fue aportada por dicha especie (Sobral, 1996). Existen miles de cultivares que varían mucho en forma, tamaño y colores: blanco, amarillo, naranja, rojo, rosa. El centro de la flor es negro, púrpura o verde. Frecuentemente la misma flor puede tener lígulas de varios colores (Jaimez, *et al.*, 2011).

La gerbera es la quinta especie más usada como "flor de corte" en el mundo, después de la rosa (*rosa* spp.), clavel (*Dianthus caryophyllus*), crisantemo (*Chrysanthemum* spp.), y tulipán (*Tulipa* spp. L.), de ahí su importancia económica. Los colores más demandados son rosa (incluye tonos fucsia, 40 %), rojo (20 %), amarillo (10 %), blanco (10 %), naranja (10 %) y otros. En función del tipo de inflorescencia, el consumidor prefiere el 20-40 % para las flores dobles, 20-40 % para las semidobles y del 30-60 % para las sencillas. Respecto

al color de la parte central de la inflorescencia, la demanda es del 20-30 % para las flores de disco negro y del 70-80 % para las de centro verde (Info Rural, 2012; Gómez, 2010). En cuanto a los parámetros de calidad que sirven para la clasificación de la flor, existen diversos criterios, aunque los más empleados son la longitud del tallo, diámetro del capítulo, color de la inflorescencia, rendimiento y durabilidad de poscosecha (Bañon, 1993).

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Familia Asteraceae

La familia Asteraceae (Compositae) es la más grande y diversificada dentro de las Angiospermas (Villaseñor, *et al.*, 2004) e incluye al 10 % de todas las especies con flor conocidas. Las plantas dentro de esta familia se caracterizan por la presencia de numerosas flores agrupadas que presentan el aspecto de una única flor “compuesta”. Está dividida en tres subfamilias mayores y una subfamilia menor, siendo la lechuga, el girasol y el cártamo los representantes agrónomicamente importantes de las subfamilias mayores. Otra característica destacable es que presentan una gran diversidad comprendiendo ambientes diferentes, lo que las hace ser cosmopolitas. En el Cuadro 1 se citan algunos géneros de importancia económica (Barkley, 2005).

Cuadro 1. Especies asteráceas con importancia económica (Barkley, 2005).

| <b>Nombre común</b>  | <b>Género y especie</b>                 | <b>Importancia económica</b>  |
|----------------------|---|-------------------------------|
| Lechuga              | <i>Lactuca sativa</i> L.                | Alimento                      |
| Girasol              | <i>Helianthus annuus</i> L.             | Aceite, alimento y ornamental |
| Cártamo              | <i>Carthamus tinctorius</i> L.          | Aceite, alimento y ornamental |
| Endibia              | <i>Cichorium endivia</i> L.             | Alimento                      |
| Achicoria            | <i>Cichorium intybus</i> L.             | Alimento                      |
| Topinambur           | <i>Helianthus tuberosus</i> L.          | Alimento                      |
| Yerba dulce o Stevia | <i>Stevia rebaudiana</i>                | Alimento                      |
| <i>Caléndula</i>     | <i>Calendula officinalis</i> L.         | Aceite, hierba y ornamental   |
| Guayule              | <i>Parthenium argentatum</i> L.         | Látex hipoalergénico          |
| Piretro              | <i>Chrysanthemum cinerariifolium</i> L. | Pesticida y ornamental        |
| Echinacea            | <i>Echinacea</i> spp.                   | Medicinal y ornamental        |
| <b>Gerberas</b>      | <b><i>Gerbera</i> spp.</b>              | <b>Ornamental</b>             |
| Cempaxúchitl         | <i>Tagetes</i> spp.                     | Ornamental                    |
| Cosmos               | <i>Cosmos</i> spp.                      | Ornamental                    |
| Crisantemos          | <i>Chrysanthemum</i> spp.               | Ornamental                    |
| Zinnias              | <i>Zinnia</i> spp.                      | Ornamental                    |
| Margarita            | <i>Bellis perennis</i> L.               | Ornamental y hierba           |
| Estragón             | <i>Artemisia dracunculus</i> L.         | Hierba                        |
| Manzanilla           | <i>Anthemis nobilis</i> L.              | Aceite, alimento y ornamental |
| Diente de León       | <i>Taraxacum officinale</i> L.          | Alimento y maleza             |
| Senecio              | <i>Senecio</i> spp.                     | Maleza                        |

Económicamente hay más de 40 especies importantes que han sido domesticadas dentro de esta familia (ejemplos de estas especies se detallan en la figura 1) (Barkley, 2005). Estas incluyen cultivos alimenticios: Lechuga (*Lactuca sativa* L.), Achicoria (*Cichorium intybus* L.), Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.); aceiteros: Girasol (*Helianthus annuus* L.), Cártamo (*Carthamus tinctorius* L.); medicinales: Echinacea (*Echinacea* spp.), Manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.) y muchos ornamentales gerbera (*Gerbera* spp.), crisantemo *Chrysanthemum* spp.), Dalia(*Dahlia pinnata* L.), Zinia (*Zinnia* spp.) y cempaxúchitl (*Tagetes* spp.); como también muchos cultivos semidosmesticados entre los que destacan: Caléndula (*Calendula officinalis* L.) y Estragón (*Artemisia dracunculus* L.) (Benem, 2010).

|   |   |   |  |   |
|---|---|---|--|---|
|   |   |   |   |   |
| <i>Matricaria chamomilla</i> L.   | <i>Cichorium intybus</i> L.   | <i>Zinnia</i> spp.  | <i>Dalia pinnata</i> L.  | <i>Mutisia linearifolia</i> Cav.  |
|  |  |  |  |  |
| <i>Calendula officinalis</i>  | <i>Gazannia kiss</i> L.   | <i>Artemisia dracunculus</i> L.   | <i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.  | <i>Coreopsis tinctoria</i> L.   |
|  |  |  |  |  |
| <i>Cineraria geifolia</i> L.  | <i>Cirsium arvenses</i> L.  | <i>Tagetes</i> spp.   | <i>Aegopodium podagraria</i>   | <i>Bartlettina sordida</i> L.   |
|  |  |  |  |  |
| <i>Taraxacum officinali</i> W.  | <i>Helianthus annuus</i> L.   | <i>Gerbera jamesonii</i> B.   | <i>Chrysanthemum</i> spp   | <i>Centaurea solstitialis</i> L.  |

Figura 1. Diversidad de flores de la familia compositae (Benem, 2010).

## 2.2 Gerbera

La gerbera también es conocida como margarita del Transvaal es originaria de Transvaal; África del Sur y lleva el nombre de Trangott Gerber, un médico alemán (McDonald, *et al.*, 1997).



Figura 2. *Gerbera jamesonii*, *G. viridifolia* (McDonald *et al.*, 1997).

La gerbera es muy popular y ampliamente usada como planta de jardín o flores de corte. Los cultivares domesticados son el resultado de cruces entre *Gerbera jamesonii* y otra especie sudafricana *Gerbera viridifolia*. De dicha cruce se obtuvo *Gerbera hybrida*. Existen miles de cultivares que varían mucho en forma, tamaño y colores: blanco, amarillo, naranja, rojo, rosa. El centro de la flor es negro, marrón o verde (Hansen, 1985).

### 2.2.1 Especie

La gerbera es una planta herbácea, vivaz, en roseta, cuyo cultivo puede durar varios años, aunque comercialmente solo interesa manejarla durante dos o tres, según cultivares y técnicas de cultivo empleadas (Hansen, 1985). Su clasificación es la siguiente:

Cuadro 2. Clasificación científica de la Gerbera (Hansen, 1985).

|            |                            |
|------------|----------------------------|
| Reino      | Plantae                    |
| Subreino   | Tracheobionta              |
| Filo       | Tracheophyta               |
| Clase      | Magnoliopsida              |
| Subclase   | Asteridae                  |
| Orden      | Asterales                  |
| Familia    | Asteraceae                 |
| Subfamilia | Mutisioideae               |
| Tribu      | Mutisieae                  |
| Género     | <i>Gerbera x híbrida</i> . |

### 2.2.2 Descripción Morfológica

La gerbera es conocida por su amplia gama de colores y formas, resultado de programas de mejoramiento genético y modernas técnicas de cultivo de tejidos; sin embargo, todas son similares en características morfológicas (Figura 3).

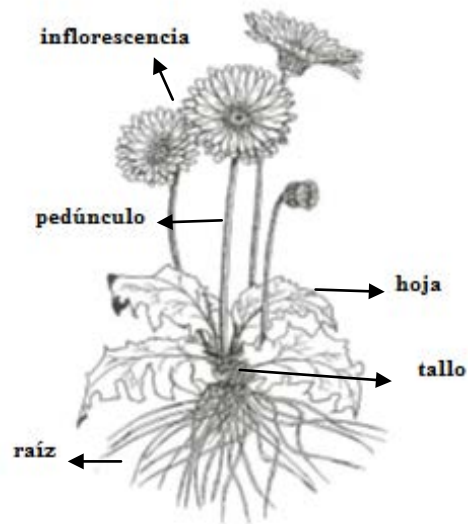


Figura 3. Morfología de Gerbera. Modificado de Bañon, 1993.

### **2.2.2.1 Raíz**

El sistema radicular es pivotante en origen, pero a medida que se desarrolla, se convierte en fasciculado y está compuesto por gruesas raíces de las que parten numerosas raicillas. De los rizomas nacen numerosas raíces adventicias. Éstas son fasciculadas (dispuestas en haz o manjo) (Mascarini, 2005; Soroa, 2005).

### **2.2.2.2 Tallo**

Éste forma una corona superficialmente enterrada, ramificada con rizomas breves, de crecimiento definido, simpodial. La yema apical del tallo subterráneo origina una inflorescencia y el rizoma continúa creciendo en forma dicotómica por la acción de yemas laterales. En las yemas apicales se forman tallos aéreos, muy compactos, con hojas en rosetas cuyo ápice termina en una inflorescencia. Las yemas de otras hojas del tallo también dan inflorescencias. Luego continúa la brotación de yemas laterales, de los nudos del rizoma, dando brotes similares al de la yema apical (Figura 3) (Valla, 1979).

### **2.2.2.3 Pedúnculo**

El pedúnculo puede ser de distintos grosores, y su longitud depende del cultivar y de las condiciones medioambientales existentes (Mascarini, 2005).

### **2.2.2.4 Flores**

Las flores de gerbera son heteromórficas, por lo que las flores de un mismo genotipo pueden diferir en simetría, expresión sexual, número de lígulas y pigmentación. Sus inflorescencias son llamadas capítulos y están colocadas individualmente sobre largos



pedúnculos; en su base son parcialmente leñosas, a veces aterciopeladas y en la parte superior vacías por dentro (Soroa, 2005). La primera inflorescencia sale del meristemo apical del vástago principal de la planta. Después, la capacidad de floración de este vástago desaparece y las siguientes inflorescencias crecen en los meristemos apicales de las yemas laterales, las cuales se encuentran en los ángulos entre las hojas más jóvenes y los tallos. Sobre el receptáculo están distribuidas, en anillos, en forma de una densa espiral, las flores con pedúnculos cortos, en el borde liguladas y en el centro tubuladas (De Lima, 2013). Todo el capítulo por la parte inferior está cubierto por brácteas verdes ovaladas o lanceoladas (filario), colocadas en forma de teja en varias filas. Al abrirse la flor, el filario toma una forma parecida a una campana. Gracias a su estructura característica, los capítulos de gerbera dan la impresión de una flor simple. Cada unidad floral de gerbera tiene una corona compuesta de cinco pétalos, unidos en forma dorsal (adaxial) o radiada. Las flores liguliformes colocadas en el borde del capítulo son un medio de atracción para los insectos, principalmente las abejas y abejorros. Estos insectos, al coleccionar el polen y el néctar que se acumula en las flores, contribuyen con su transportación (Cardoso, 2009).

Las flores liguladas están colocadas en uno o varios anillos. Su corona en la base está unida formando un pequeño tubo, el cual se continúa en una lígula bastante ancha. En la formación de esta lígula participan tres pétalos de la corona, los restantes en forma de fragmentos cortos y angostos, cuelgan del borde del tubo. Las flores liguladas han perdido los estambres, de los cuales se quedaron solo unos delgados "hilos" y se han convertido en unisexuales, femeninas con gineceo (Harding, 1998a). Las flores de gerbera se clasifican en completas y por el tipo son flores perfectas, puesto que tienen los sexos masculino y femenino en la misma flor, también se les llama flores hermafrodita, bisexuales o

monoclinas. (Hartman, 1997). La gerbera casi siempre tiene flores tubuladas bilabiadas y dorsales. El labio superior dirigido hacia el interior del vilano se forma por la unión de tres pétalos. Dicha unión puede variar incluyendo la aparición de flores radiadas, cincodentadas, en las cuales todos los pétalos de la corona están unidos a la misma altura. Aunque las flores tubuladas son hermafroditas, las que contienen un pistilo y estambres bien desarrollados aparecen solo en los anillos exteriores. En las demás flores tubuladas, los pistilos se encuentran reducidos en mayor o menor grado. El pistilo es sésil unilocular, en cuyo ovario se desarrolla un solo óvulo. El ovario está situado debajo de los tubos de la corona y también dentro del tubo formado por anteras unidas. Las inflorescencias de gerbera en menor o mayor grado, dependiendo de la especie, se abren en horas matutinas y cierran al anochecer. Esto está relacionado con la estructura dorsoventral de algunos órganos que realizan el movimiento, por ejemplo, los sépalos del receptáculo y la corona de flores liguliformes. Los movimientos de la flor llamados nastias, son causados por diferencias en las intensidades de los factores externos, como la luz y humedad del aire (Cuenca, 2010). Existe una correlación positiva entre el largo del tallo floral y los días en que abre la flor. La floración de la cabezuela comienza con la abertura del receptáculo. La apertura de las flores en las cabezuelas tiene lugar del borde hacia el interior. Primero se desarrollan las flores liguliformes, femeninas, pistiladas, en las cuales después de cierto tiempo comienzan a aparecer los cuellos de los pistilos. Pasado algunos días, se abren las flores masculinas tubuladas y se esparce el polen. En las flores tubuladas primero se abren los “dientes” de la corona y posteriormente aparecen las anteras unidas en un tubo. Las flores hermafroditas de gerbera (flores tubuladas en los anillos exteriores) son prematuras, porque el polen madura antes del estigma, cuando la flor todavía se encuentra en forma de botón. La forma de maduración de los distintos órganos generativos de la gerbera dificulta

la autopolinización de las flores de la misma inflorescencia. Solo las flores liguliformes y las tubuladas exteriores están aptas para la fecundación y formación de semillas (Lisiecka, 1990).

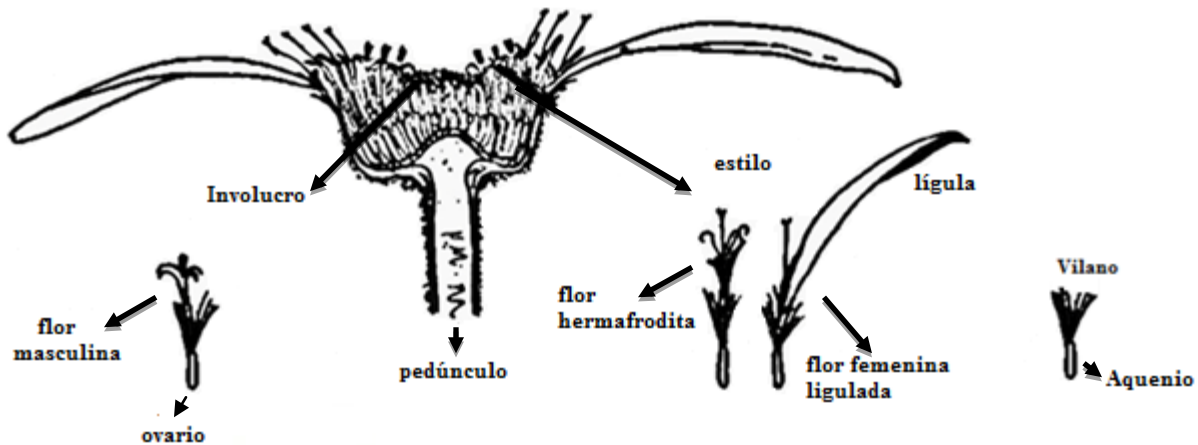


Figura 4. Capítulo floral de Gerbera. Modificado de Bañón, 1993.

### 2.2.2.5 Capítulo floral

Está formado, desde el exterior hacia el interior, por varias filas concéntricas de flores femeninas liguladas, normalmente una fila de flores hermafroditas no funcionales y, colocándose en el centro, las flores masculinas. Las flores liguladas son de forma y espesor variables y de amplia gama de colores, según cultivares (Figura 4) (Valla, 1979).

### 2.2.2.6 Fruto

Después de la polinización, la corona, dos estambres y el cuello del pistilo se caen, formándose un fruto. El fruto es un aquenio, acostillado, con coloración marrón claro o

marrón oscuro y presenta un vilano en el extremo posterior, lo que facilita su diseminación. Cada fruto contiene una semilla (Soroa, 2005).

### **2.2.3 Propagación**

La multiplicación de esta alógama se puede producir por semillas, por consecuencia presenta una gran variabilidad en sus características fenotípicas y genotípicas. La semilla tiene una corta viabilidad, su poder germinativo decrece cuando aumentan los días de cosecha. La propagación ideal es la vegetativa, por medio de la división de plantas o esquejes basales, a fin de mantener en la progenie determinadas características como: color de las flores lígulas, forma de la lígula, ciclo, etc. Para obtener un material de propagación de alta calidad, hay que llevar a cabo una cuidadosa elección, eliminando las plantas de hojas pequeñas, redondas, con tendencia a clorosis, como también las que crecen débilmente. Después de la selección, de cada 100 semillas bien formadas se obtienen 50 ejemplares adecuados para ser plantados en un lugar fijo (Hughes, 2005).

### **2.2.4 Beneficios ecológicos**

La gerbera está considerada una especie melífera, junto con el girasol y la genciana (*gentiana* spp.), entre otras (Alonso, 1998). Debido a la vistosidad de sus flores y a sus colores atractivos, enriquece la diversidad biológica tanto por su presencia como por la amplia gama de insectos beneficiosos que atraen; por la capacidad de absorber las gases nocivos para la salud y eliminar el benceno en ambientes cerrados, esta especie es considerada además saneadora del medio ambiente (Cornejo, 1997).

## **2.2.5 Manejo agronómico**

### **2.2.5.1 Temperatura**

Las temperaturas más adecuadas para el cultivo de la gerbera son: 25 °C durante el día y 20 °C por la noche, durante el periodo posterior al trasplante y hasta adecuadas en épocas de elevada luminosidad. 18 °C día y 12 °C noche, en periodos de baja que se inicia el periodo vegetativo. 28 °C día y 20 °C noche, como temperaturas más luminosidad. 14 °C día y 12 °C noche, como temperaturas mínimas que no producen alteraciones en el comportamiento del cultivo. 16 °C a 18 °C en el suelo durante el invierno. 14 °C en el suelo, como mínimo, que no produce alteraciones en el comportamiento del cultivo (Lisiecka, 1990).

### **2.2.5.2 Humedad relativa**

La humedad relativa entre 75 y 90% es óptima para el cultivo de gerbera.

### **2.2.5.3 Luz**

La gerbera se considera como una especie insensible al fotoperiodismo, aunque la luz le influye en la emisión de los brotes laterales, que darán lugar a nuevas flores. La luz recomendada para la gerbera está entre 5000 y 6000 lux (De Lima 2013).

### **2.2.5.4 Concentración de CO<sub>2</sub>**

El aporte de CO<sub>2</sub> favorece el desarrollo y la producción de gerberas. El umbral mínimo de contenido en CO<sub>2</sub> de la atmósfera del invernadero, debe ser superior a 300 ppm y no rebasar las 600 ppm (Mascarini, 2005).

### **2.2.5.5 Preparación del suelo**

Entre las condiciones edáficas más indicadas para el cultivo de la gerbera destacan: suelos ligeros, profundos y aireados, ausencia de capas compactas en el terreno, terrenos poco calcáreos, con valores de pH medianamente ácidos y suelos provistos de materia orgánica. En el cultivo hidropónico se requiere un sustrato bien aireado, químicamente inerte y de pH neutro o ligeramente ácido (Soroa, 2005).

En la preparación del terreno para el cultivo, deberán tenerse en cuenta las exigencias de la planta en cuanto a su estructura, contenido en materia orgánica y pH. Deberá partirse de un desfonde profundo, al que seguirán las labores necesarias de cultivador (Mascarini, 2005). A continuación se extenderán la tierra y el estiércol de vaca bien fermentado a las dosis de 250 m<sup>3</sup>/Ha de cada uno de ellos, o 500 m<sup>3</sup>/Ha de turba (pH 3,5) si no se desea aplicar estiércol. A continuación se procederá a la mezcla de los componentes mediante una o varias labores de fresadora, procurando que los 20 cm primeros de terreno queden homogéneos, y a la realización de las camas de cultivo. La altura y dimensiones de las camas se determinarán en función de la textura del terreno y de las características constructivas del invernadero. Las camas se realizarán en sentido transversal a la mayor longitud del invernadero, y no superarán los 30 m. Los pasillos de tendrán un ancho de 40 cm (Soroa, 2005).

### **2.2.5.6 Plantación**

La fecha de plantación es muy importante ya que de ella dependerá la época en la que la producción será máxima. La fecha de plantación que se considera conveniente es de finales de marzo a finales de mayo, para que a los 3 meses la gerbera comience a florecer.

Una vez recibida la planta se deberá trasplantar enseguida, manteniéndola hasta entonces en un lugar fresco y ventilado. El cuello de la planta no debe enterrarse para evitar la incidencia de enfermedades. La gerbera es una planta muy sensible a cualquier manipulación mecánica ya que puede provocar la rotura del sistema radicular. Por ello hasta que la planta no está completamente enraizada y arraigada no se aconseja su manipulación, ni el aclareo de las primeras hojas y de botones florales no comerciales. El desbotonado tendrá lugar cuando los pedúnculos tengan unos 15 cm de largo. Los tratamientos fitosanitarios posplantación serán a baja presión y no dirigidos a la planta. La escarda de las malas hierbas será manual. A los 80-100 días ya se pueden realizar las labores culturales más usuales pero intentando no mover la planta e intentando no arrancar aquellas partes que afecten a la producción. Se procurará no dejar restos de poda sobre las plantas, ya que pueden ser foco de plagas y enfermedades (De Lima, 2013).

#### **2.2.5.7 Deshojado**

Esta operación influye en el comportamiento del cultivo y junto a las labores de recolección y preparación de la flor, constituye hasta el 80 % de gasto del cultivo. El objetivo del deshojado es eliminar todas aquellas hojas envejecidas o partes de la planta que impiden una correcta iluminación y ventilación y que son foco de parásitos y enfermedades. Se realiza a la primavera siguiente de la plantación, evitando que las hojas rocen con los botones florales y puedan provocar deformaciones en las flores y torceduras en los pedúnculos, (Byrne, 1973). Si la plantación continúa en producción durante el verano, cada dos o tres meses, se aconseja realizar un repaso de deshojado que permita mejorar la lucha contra las plagas estivales. El último deshojado severo se realiza a finales de verano (Septiembre) y en otoño e invierno se retirarán los restos de hojas envejecidas y rotas, para

evitar la proliferación de enfermedades, la información se ha adaptado a las condiciones de la zona florícola, al sur del Estado de México (Soroa, 2005).

#### **2.2.5.8 Reposo vegetativo**

La gerbera tiene una fase en que experimenta un reposo vegetativo y que coincide con la estación invernal. Debido a que en invierno es cuando se consiguen los mejores precios en la venta de flor, se trata de desplazar este reposo a épocas en que los precios y calidades de la flor resultan menos interesantes, como es el verano. El reposo estival en gerbera se induce a partir del segundo año, suprimiendo las prácticas culturales de fertirrigación, recolección y deshojado desde finales de mayo a mediados de agosto, periodo productivo menos importante en condiciones climáticas mediterráneas. Dependiendo del sustrato será o no necesario suministrar los aportes hídricos mínimos que garanticen la supervivencia de la planta. La supresión de la recolección procura una disminución en la formación de nuevos brotes y por tanto una reducción en la movilización de reservas de la planta. Operando de esta forma se consigue recuperar la producción de hojas y flores, posibilitando una abundante cosecha de flores de calidad a partir de finales de septiembre.

#### **2.2.5.9 Fertilización**

El abonado nitrogenado bien equilibrado es fundamental para el buen desarrollo de la gerbera. Sobre todo, en la fase de crecimiento tiene un efecto favorable en el desarrollo del sistema radicular, posteriormente también influye en la duración de las flores. Un exceso de nitrógeno favorece el marchitamiento de las plantas. Se han obtenido buenos resultados aplicando en tierras franco-arenosas abonos complejo tipo 2:1:1 a plantas jóvenes a razón de 2 kg.ha<sup>-1</sup>. El suelo debe tener altos niveles de fósforo por lo que se emplearán abonos



fosfatados biamónicos y super triple, para salinizar lo menos posible el suelo. Para el potasio la concentración debe ser de  $1 \text{ g.L}^{-1}$  de agua (Toledo, 2008).

### **2.2.5.10 Riego**

En el cultivo de gerbera realizado directamente sobre el suelo, el manejo del riego constituye una operación cultural muy importante. El agua aportada debe ser de buena calidad y con reducidos contenidos en calcio y otras sales solubles. Después de la plantación se puede producir un estrés hídrico que provoque un retraso en el crecimiento de las plantas, debido a que las raíces no son capaces de extenderse y de explorar el suelo. Para evitarlo es conveniente combinar con el riego las operaciones de sombreado y de ventilación para que el suelo no se caliente y la planta pueda vegetar. Se aportarán de 15 a  $20 \text{ L/m}^2$  de agua después de la plantación y de dos a tres riegos diarios durante 30 días hasta que la planta genere nuevas raíces, manteniendo el terreno húmedo, aireado y sin encharcamientos, para evitar la pudrición del cuello de las plantas. El riego será aéreo o localizado. Una vez que las plantas hayan enraizado, los riegos serán menos intensos y más distanciados en el tiempo (Das, 2012).

### **2.2.6 Plagas**

#### **2.2.6.1 Minador (*Liriomyza trifolii*)**

La larva de *L. trifolii* excava galerías en el parénquima de la hoja, disminuyendo la actividad fotosintética de la misma. El adulto produce unos puntos blanquecinos sobre las hojas cuando coloca los huevos sobre las mismas. En el control de las larvas se emplea fentiión, triazofos, ciromazina y abamectina. Para el control de los adultos se recomienda tratar con

metomilo, triclorfón, metamidofos, deltametrina y cipermetrina, que actúan como repelentes (Ohna, 1999).

#### **2.2.6.2 Trips (*Frankliniella occidentalis*)**

Los principales daños están provocados por *Frankliniella occidentalis* que vive sobre todo en los botones florales y en las hojas jóvenes. Su control se realizará obteniendo una buena penetración del producto en las zonas donde habita el parásito, con un tamaño de gota grande y a presión baja, mediante nebulización térmica o en espolvoreo. Los productos más empleados son acefato, endosulfán, metomilo, malatión, lindano o isofenfos (Castresana, 2008).

#### **2.2.6.3 Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)**

Las larvas y adultos de *T. vaporariorum* se alimentan de las hojas y segregan una melaza sobre la que se desarrolla un hongo de micelio negro que provoca manchas sobre éstas, disminuyendo la fotosíntesis, y afectando a los pedúnculos y a las flores, limitando su comercialización. Se recomiendan tratamientos preventivos con deltametrín, permetrín, metomilo, dimetoato, metamidofos, triclorfón (Sutterlin, 1999).

#### **2.2.6.4 Araña roja (*Tetranychus urticae*)**

La araña roja, *Tetranychus urticae*, provoca manchas localizadas a lo largo de los nervios principales, que finalizan afectando a toda la superficie foliar (Krips, 2000). El control es difícil ya que los adultos y los estados inmaduros se desarrollan en el envés veloso de las hojas de la gerbera. Para disminuir sus poblaciones se recomienda el uso de Abamectina.

### **2.2.6.5 Ácaros (*Poluphagotarsonemus latus*, *Tarsonemus pallidus*)**

Los ácaros blancos, *Polyphagotarsonemus latus* y *Tarsonemus pallidus*, realizan su ovoposición sobre las hojas jóvenes del centro de la planta y en los botones florales. Las larvas ocasionan deformaciones de las lígulas, torsiones de la flor y reducción de su desarrollo perimetral. En las hojas puede ocasionar deformaciones de los bordes del limbo, plegamiento hacia el haz o el envés de la superficie foliar y el engrosamiento del limbo y carácter quebradizo del mismo. Se recomienda un deshojado previo y tratamientos directos hacia el centro de la planta con endosulfán, dicofol, tetradifón y propargita (Toledo, 2008).

### **2.2.6.6 Orugas (*Spodoptera* sp.; *Heliothis* sp.; *Antographa gama*, *Chrysodeixis chalcites*)**

Las larvas de diferentes especies de lepidópteros noctuidos (*Spodoptera* sp.; *Heliothis* sp.; *Antographa gamma*; *Chrysodeixis chalcites*) producen daños en las hojas al reducir su superficie foliar con sus mordeduras. En caso de daños graves pueden llegar a devorar los capítulos enteros o dejarlos sin valor comercial. La plaga se combate con eficacia aplicando determinados insecticidas en pulverización como metomilo, preparados de *Bacillus thuringiensis*, diversos piretroides (Malink, 2013).

## **2.2.7 Enfermedades**

### **2.2.7.1 *Verticillium dahliae***

La verticilosis se manifiesta por un marchitamiento de la planta, acompañado de un amarillamiento progresivo de las hojas, con decoloración de nervios, que terminan secándose. Al final la planta acaba por morir. Se inicia por las hojas más exteriores de la planta. *V. dahliae* puede tener un importante efecto en la productividad (tamaño y

rendimiento de las flores). Se previene con metam-sodio o metam-potasio, aunque la pasteurización con vapor es más efectiva y segura que los fumigantes para el tratamiento del suelo.

#### **2.2.7.2 Rhizoctonia solani**

Esta enfermedad causa daños a plantas jóvenes, pero también a plantas adultas en situaciones de estrés. Su temperatura óptima de desarrollo se encuentra entre los 15-25 °C. Los síntomas de esta enfermedad son clorosis en las hojas y posterior envejecimiento y desecación de las mismas, para finalizar con la muerte de la planta. Como tratamientos preventivos se aconseja una limpieza de restos de hojas envejecidas en plantas, buena ventilación del invernadero, regulación de la humedad del suelo y pulverizaciones a base de benomilo (Toledo, 2008).

#### **2.2.7.3 Oídio (Erysiphae cichoracearum)**

Propio de condiciones de clima seco, el oídio *E. cichoracearum* ataca sobre todo en el segundo año de cultivo. Con frecuencia, las hojas se cubren completamente con micelio blanco y conidias, dando a la superficie de la hoja una apariencia pulverulenta. Las hojas gravemente infectadas se ponen amarillas y mueren. El aumento del movimiento del aire alrededor de las plantas tiende a reducir su potencial de infección. Entre los productos más empleados para su control destacan dinocap, dodemorf, fenarimol, triadimefón y pirazofos. Control biológico de oídio con el hiperparásito *Ampelomyces quisqualis*. Normalmente el hiperparásito actúa mejor combinado con un fungicida.

#### **2.2.7.4 Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*)**

Provocada por el hongo *Botrytis cinerea*, su desarrollo se inicia sobre material viejo y en descomposición; de éste se traslada a las hojas y flores. Puede causar podredumbre de las plántulas (damping-off), punteado, y marchitamiento de hojas y flores y podredumbre de la corona. Cuando el ataque afecta a las lígulas, se denota la formación de pequeñas manchas grisáceas sobre su superficie afectando a la posterior comercialización de estas flores ya que el hongo continúa su evolución. Una estrategia integrada, que combine el control ambiental, las prácticas culturales y los fungicidas, controlará más eficientemente esta amenaza siempre presente en los invernaderos. Un buen manejo de la enfermedad requiere una atención esmerada para controlar la duración de la humedad de las hojas y la humedad relativa. Se debe mantener un adecuado espaciamiento entre las plantas y se deben usar bancadas con mallas abiertas y sistemas de circulación de aire que mejoren la ventilación. Los productos químicos más empleados son vinclozolina, iprodiones, procimidona, entre otros.

#### **2.2.7.5 *Sclerotinia sclerotiorum***

Este hongo produce podredumbre blanda en la base de las hojas y en el cuello de las plantas. Se distingue por un abundante micelio algodonoso, sobre el que aparecen posteriormente nódulos negros que corresponden a los esclerocios. Se controla con los mismos productos que la podredumbre gris, aplicándolos a la base de la planta y de forma preventiva, evitando los excesos de humedad en el cuello de ésta (De Lima, 2013).

#### **2.2.7.6 Nemátodos (*Meloidogyne* spp.)**

Los nematodos del género *Meloidogyne* provocan nudosidades en las raíces, disminuyendo el aporte nutricional a la planta y provocando la muerte de las mismas. Son un gran problema si se repite el cultivo sobre suelos no desinfectados. Las prácticas de control incluyen el uso de medio de cultivo sin suelo, pasteurización con vapor, material vegetal libre de enfermedades, resistencia genética y evitar la contaminación. Se recomienda la aplicación de aldicar antes de la plantación y la adición al agua de riego de oxamilo o fenamifos (Reist, 1997).

#### **2.2.7.7 Virus del “rattle” del tabaco**

Este virus produce manchas cloróticas amarillas en las hojas o blancas en bandas o anillos. Es transmitido por nemátodos del suelo del género *Trichodorus*.

#### **2.2.7.8 Virus de la marchitez manchada del tomate**

La enfermedad se manifiesta con manchas anulares necróticas rojizas en las cercanías de las nervaduras y, normalmente después tiene lugar la completa desecación de las plantas enfermas. La lucha contra las enfermedades producida por estos virus es particularmente difícil a causa de su polifagia y su forma de transmisión por trips. Sin embargo, permite reducir las infecciones los tratamientos con insecticidas específicos, la utilización de trampas contra vectores y la protección por medio de mallas finas, además de eliminar las plantas infectadas.

### **2.2.7.9 Caída de pétalos**

En algunas variedades de gerbera, sobre todo en las lígulas largas, puede aparecer en ciertas épocas del año una pérdida de algunas lígulas del capítulo floral, lo que deprecia la flor. Esto se atribuye a causas genéticas o climáticas. También está influenciado por una deficiente fertilización en potasa, se recomiendan tratamientos foliares con nitrato potásico al 1,75 %. Este amarillamiento internerval de las hojas se produce cuando se riega con bajas temperaturas. El suelo frío o húmedo bloquea la asimilación del hierro por parte de la planta. Por ello se aconseja realizar aplicaciones foliares de quelato de hierro (De Lima, 2013).

### **2.2.8 Importancia económica**

En el cultivo de flor cortada, la importancia de la gerbera radica en que representa una flor ideal para bouquets por su multitud de colores. También hay que mencionar la importancia del cultivo industrial de la gerbera en maceta en los últimos años. A nivel mundial, los colores de las flores de gerbera más demandados son: rosa (incluye tonos fucsia, 40 %), rojo (20 %), amarillo (10 %), blanco (10 %), naranja (10 %) y otros (Info Rural, 2012; Gómez, 2010). En función del tipo de inflorescencia, el 20 al 40% de los consumidores prefieren el las flores dobles, del 20 al 40 % las semidobles y del 30 al 60 % las sencillas. Respecto al color de la parte central de la inflorescencia, la demanda es del 20-30 % para las flores de centro negro y del 70-80 % para las de centro verde (Malink, 2013). Los parámetros de calidad para la clasificación de la flor son: 1) Longitud de la vara, medida desde la base del pedúnculo hasta la parte superior del capítulo; 2) Diámetro del capítulo, que forman los extremos exteriores de las lígulas de la inflorescencia; 3) Rigidez, que se

refiere a la rectitud y fortaleza del capítulo; Especificaciones, que son normas de calidad que deben tener a las flores y a los tallos como: 4) ausencia de daños producidos por plagas y enfermedades que alteren su aspecto y color; 5) manchas o quemaduras producidas por productos fitosanitarios, residuos visibles de tratamientos; 6) magulladuras, 7) defectos de vegetación (lígulas torcidas); tolerancia de calidad que expresa el porcentaje de varas que pueden presentar ligeros defectos, a condición de que la homogeneidad de la presentación no se vea afectada; y presentación de las flores en los envases descritos anteriormente, la cual define las categorías extra, primera y segunda en función de la conservación de los capítulos (Gómez, 2010).

### **2.2.9 Mejoramiento vegetal**

La mejora vegetal aplica los principios de la genética para producir variedades hortícolas, con características más deseables, tales como mayor resistencia a las enfermedades, mejores valores nutricionales, sabores más agradables e intensos, mayor rendimiento, etc. (Cervantes, 2010). Hoy en día, se utilizan variados métodos para la producción de nuevas y mejores variedades. Básicamente, se pueden reducir a tres: selección, hibridación y aprovechamiento de aquellas mutaciones que se manifiestan de forma natural y espontánea. En 1865, el monje agustino austriaco Gregor Joham Mendel, abad del monasterio de Brünn (República Checa), formuló las leyes hereditarias que llevan su nombre, fruto de sus estudios tras un descubrimiento ocurrido en su jardín con determinadas especies vegetales (Bremer, 1994). Estas leyes son las actuales bases de la mejora vegetal natural. Dentro del mejoramiento genético lo primero que debemos considerar es la selección y el cruzamiento a las que recientemente se ha añadido la ingeniería genética. En ellas se incrementaron diversas técnicas, todas ellas creadas en el



siglo XX y generalmente descritas como “técnicas especiales”, para crear nuevas fuentes de variación: mutación inducida, cambios cromosómicos, genómicos y cultivo de tejidos (Prajapati, 2014).

El mejoramiento genético de la gerbera comenzó a finales del siglo XIX, en Cambridge Inglaterra, cuando Richard Lynch, cruzó *G. jamesonii* con *G. viridifolia*. Las variedades comerciales recientes fueron originadas en este cruzamiento y se denominan híbridos de *G. jamesonii* dado que la principal aportación genética fue aportada por dicha especie (Sobral, 1996). El conocimiento de la herencia de algunos caracteres tan simples como el color de la planta, que son independientes del rendimiento, es de enorme importancia para la producción comercial para las plantas de gerbera. Es mucho lo que queda por investigar, si se trata de comparar con los conocimientos que se tienen sobre la genética de otras especies como girasol, rosa, crisantemos, etc. La gerbera presenta una gran variación en cuanto a color de las flores, altura de tallo, diámetro de flores, no solamente por la diversidad sino también por el contraste. Las investigaciones sobre la heredabilidad de caracteres en la gerbera son escasas; sin embargo, se destaca los trabajos conducidos por (Muceniece, 1978). El citado autor estudió los parámetros genéticos y ha construido una serie de índices de selección en la gerbera. Determinó la heredabilidad del carácter rendimiento y algunos caracteres considerados componentes del rendimiento. La variable días a la floración es la que presenta la heredabilidad más alta entre los caracteres estudiados, siendo esta de 0.82 y el de menor heredabilidad, el rendimiento (Prajapati, et al., 2014). mencionan que, para realizar con éxito programas de fitomejoramiento es indispensable conocer la herencia de los caracteres a ser mejorados.

El mejoramiento genético de gerbera se realiza por medio del cruzamiento de plantas en plena floración provenientes de semillas, es recomendable evitar la autofecundación y recurrir a retrocruzamientos entre individuos alejados genotípicamente para conseguir una gran cantidad de semilla y descendientes vigorosos. Las condiciones climáticas más favorables se dan con temperaturas ligeramente elevadas, de 22-24 °C y una humedad relativa entre el 40 y 50 % (Leffring, 1973). Desde la polinización la cual se realiza artificialmente, hasta la maduración de la semilla transcurren de 4 a 8 semanas, obteniéndose de 40 a 100 semillas por capítulo (Figura 5). El poder germinativo se reduce al 50 % después de tres meses y al 5 % después de seis meses. Botánicamente se define a una semilla, como un óvulo maduro fecundado en la flor, que en condiciones óptimas germinará y generará una planta adulta (Benem, 1994).

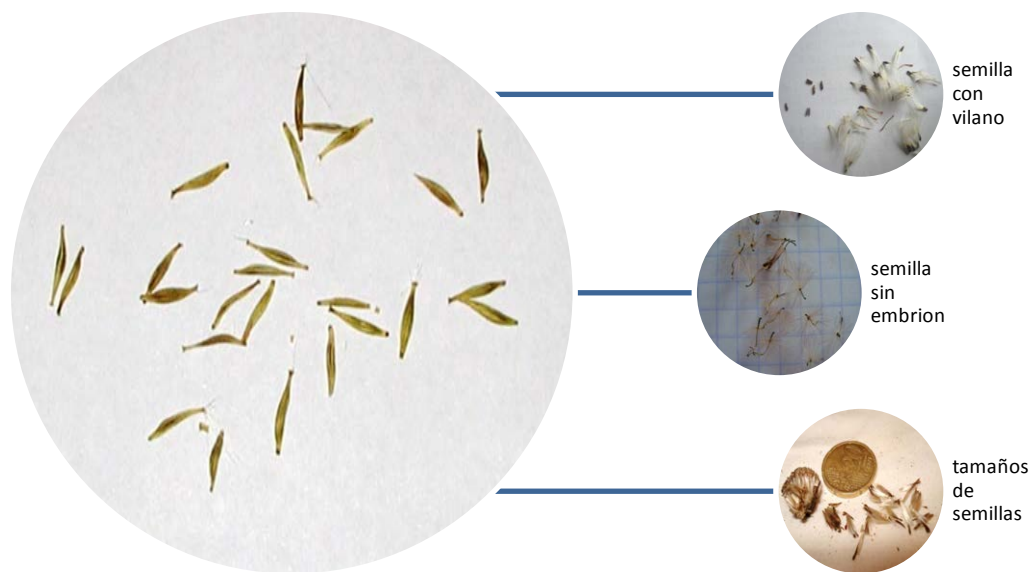


Figura 5. Semillas de Gerbera

Una semilla es como un manual que contiene un conjunto de genes, que integran al genotipo, el cual determinará la apariencia física de la planta (Figura 6), las raíces, el tallo,

ritmo de crecimiento (vigor). El fenotipo varía según las condiciones a que esté sometida la planta (Leffring, 1973). En la figura 6 se puede apreciar el genotipo de la planta, de acuerdo al afecto de los factores ambientales (clima, suelo) y al manejo agronómico, dan como resultado el fenotipo.

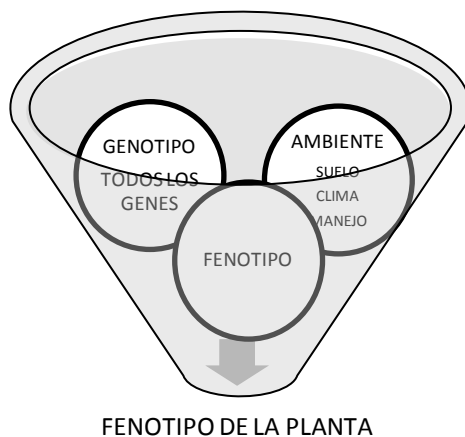


Figura 6. Factores que dan origen al fenotipo.

## 2.2.9.1 Métodos básicos de la mejorara vegetal

### 2.2.9.1.1 Selección masal simple

Consiste en elegir las mejores plantas de una población que se mezclan para constituir la generación del año siguiente. La selección masal simple admite infinitas variantes, normalmente aplicadas en combinación con el cruzamiento. Tiene por inconveniente principal: si la forma deseada no está en la población de partida, la selección es genéticamente inútil (Molina, *et al*, 2008).

#### **2.2.9.1.2 Cruzamiento**

Se utiliza cuando no disponemos de ninguna población en la que seleccionar el tipo buscado. Debemos entonces combinar en una misma variedad caracteres de varios orígenes, o simplemente introducir en nuestro material caracteres de otras variedades, incluso de otras especies que admiten las posibilidades de cruzamiento con la nuestra (Molina, *et al*, 2008).

#### **2.2.9.1.3 Mutación inducida**

Hasta la llegada del manejo del ADN en laboratorio fue la única fuente de nuevos genes. Se han utilizado mutágenos físicos (los más importantes han sido los rayos X, gamma y UV) aunque ahora se prefiere mutágenos químicos de baja toxicidad como el EMS (etil metasulfonato) (Ramírez, 2014)

#### **2.2.9.1.4 Manipulación cromosómica**

Pueden señalarse la duplicación de cromosomas de una especie con sustancias como la colchicina, la obtención de aneuploides y de cambios estructurales en el cromosoma. La primera (poliploidización) permite obtener variedades de una especie con distinto número cromosómico o bien auténticas nuevas especies mediante la duplicación de los cromosomas de un híbrido interespecífico, consiguiéndose, pues, un alopoloide (Benem, 2010).

#### **2.2.9.1.5 Cultivo *in vitro***

Procedimiento eficaz de clonación para plantas que no se propagan así de forma natural y proporciona nuevas técnicas de gran valor. He aquí las más conocidas: cultivo de anteras (en realidad, de granos de polen) o de microsporas, lo que proporciona haploides del

material en estudio y, mediante la duplicación del complemento cromosómico, líneas puras de forma directa facilitando la mejora de especies poliploides; otra técnica es la fusión de protoplastos para obtener híbridos somáticos entre variedades de una especie o entre especies distintas, y selección *in vitro*, por ejemplo para detectar resistencia a una toxina o a un estrés ambiental (salinidad, por ejemplo) (Radice, 1993). El cultivo de tejidos es, además, esencial para hacer viable el uso en mejora vegetal de las técnicas de ingeniería genética (Olivera, *et al.*, 2000).

#### **2.2.9.1.6 Ingeniería genética**

Consiste en la introducción de un gen de una especie a otra sin recurrir al cruzamiento, es decir mediante transformación genética con el uso de un vector que pudieran ser plásmidos o virus (Benem, 2010).

#### **2.2.10 Hibridación**

Novak, *et al.*, 1992 señala que la hibridación proporciona el medio por el cual se efectúa nuevas recombinaciones, ahora debemos considerar a la hibridación que emplea el fitotécnico para acelerar o mejorar los procesos naturales en el desarrollo de nuevas variedades para usos específicos.

La hibridación se efectúa generalmente con objeto de estudiar la forma en que se heredan los caracteres. Por tanto es importante elegir plantas con caracteres contrastados, tales como los distintos colores y formas de capítulos florales para estudiar posteriormente la progenie y determinar cómo se comportan estos caracteres en la herencia. Cuando se trata de caracteres cualitativos y de herencia relativamente simple, también se habla del número de genes que determina la herencia. Por eso es importante que antes de trabajar en

mejoramiento genético de las plantas con fines económicos, lo primero es estudiar el material disponible y dentro de estas observaciones, tomar en cuenta la variabilidad natural y posteriormente se puede empezar a realizar híbridos (Cardoso, 2009). El concepto de hibridación desde el punto de vista genotécnico, es desarrollar nuevas variedades de plantas que deberán tener combinaciones de caracteres distintos a las de los progenitores desde los más simples que afectan caracteres cualitativos, hasta los más complicados en donde, por medio de la hibridación obtener rendimientos más elevados. Uno de los casos más frecuentes que pueden requerir de hibridación es la transferencia de caracteres de una variedad a otra, tratando de unirlos en una nueva variedad. Uno de los casos más comunes en el que se cuenta con una buena variedad cultivada, pero tiene poca resistencia a las enfermedades, esta resistencia puede estar en otra planta que es de menor calidad o de menor rendimiento que la variedad a la cual se desea transferir el carácter (Cardoso, 2009). El proceder a realizar hibridaciones entre estas dos variedades podrán hacerse con mayor precisión y, probablemente con más éxito, si anteriormente se conoce la forma en que se hereda el carácter más simple que ha de transferirse. Aun con el conocimiento previo sobre la herencia, es posible que el resultado no se vea manifestado inmediatamente de hacer las hibridaciones, sino que después del cruzamiento será necesario proceder a una selección en que se tomen en cuenta los caracteres deseados. Considerando la forma de reproducción de las plantas y la forma de la herencia de algunos caracteres, se ha establecido diferentes métodos de mejoramiento genético para el desarrollo de variedades, que de una manera general son combinaciones de híbridos con selección. Hay un procedimiento de hibridación que es completamente sistemático y que se conoce variedades híbridas  $F_1$  o simplemente híbridos  $F_1$ . Este sistema permite aprovechar la

herencia al máximo y es el método clásico de la producción de variedades de gerbera en Holanda (Cardoso, 2009).

Joseph Kolreuter, un botánico alemán, en hibridaciones interespecíficas en el siglo XVIII descubre que la mayoría de sus híbridos son estériles y plantea que difícilmente se den en la naturaleza. En el siglo XIX los botánicos Charles Víctor Naudín y Antón Kerner plantean el fenómeno como algo común en la naturaleza y en el siglo XX la hibridación se usa extensamente en mejoramiento genético de especies vegetales (Riesberg, 1993). Actualmente la hibridación interespecífica y otros fenómenos que deriven de ésta (captura de cloroplastos, introgresión), se reconocen como fenómenos frecuentes en las especies vegetales (Riesberg, 1993), que no están distribuidos en forma uniforme entre los grupos taxonómicos. En general algunas familias (rosaceae, asteraceae, poeaceae) albergan la mayoría de los casos de dicho fenómeno, y dentro de esas familias en una porción pequeña de los géneros se dan la mayoría de los casos sin una relación notoria con el tamaño de dichos grupos. Los grupos de plantas en los que se ha observado mayor frecuencia de hibridación suelen estar representados por plantas perennes, alógamas obligadas o que presentan alguna forma de reproducción vegetativa. Dentro de estos grupos, las Asteráceas se encuentran entre las familias con mayor frecuencia de híbridos (Elstrand, *et al.*, 1996). Otro factor citado como promotor de la hibridación, es la acción modificadora de las actividades humanas (Lamont, *et al.*, 2003). Los resultados de la hibridación pueden ser diversos, por ejemplo la aparición de caracteres intermedios o parentales en los híbridos F<sub>1</sub> depende del tipo de herencia de dicho carácter. En general se espera que los caracteres multi-génicos presenten un padrón intermedio dependiendo de la relación entre los alelos, por lo tanto los híbridos serán mosaicos de estados (Fritz, *et al.*,

1994). Una tercera opción es la aparición de estados extremos o nuevos, lo cual sucede en algunos casos y podría ser la fuente de variación para la selección natural (Riesberg, 1993; Elstrand, 1996). Teóricamente se predice que en promedio los híbridos tendrán menor adaptación que los padres, pero es posible que al menos algunos estén mejor adaptados que ambos padres al mismo ambiente que éstos (Bartón, 2001). La hibridación también juega un papel importante en la conservación de especies y diversidad sobre todo en situaciones donde una especie muy distribuida y con grandes poblaciones se hibrida con otras de pequeñas poblaciones (Lorenze, *et al.*, 2006). En el método de hibridación para el mejoramiento de especies autofecundadas se cruzan dos variedades, se seleccionan en las descendencias segregantes. Las plantas en las cuales se combinen los caracteres deseables de los progenitores, para su multiplicación y prueba. Mediante hibridación se pueden combinar las mejores características de las variedades progenitoras en una línea pura que se reproduzca idéntica a sí misma. Además de combinar características visibles de los progenitores por hibridación, también es posible seleccionar plantas de la progenie de una cruce, que puedan ser superiores a los progenitores en características de naturaleza cuantitativa, como el rendimiento, el peso específico de los granos, la tolerancia a bajas temperaturas, o la paja más resistente, cuya herencia está determinada por genes múltiples. En el método de hibridación para el mejoramiento de las especies autofecundadas, las variedades progenitoras se polinizan por cruzamiento artificial (Cardoso, 2009).

La hibridación es la acción de fecundar dos individuos de distinta constitución genética, es decir, cruzar dos variedades o especies diferentes para conseguir reproducir en la descendencia, alguno de los caracteres parentales. De la combinación de los caracteres



genéticos parentales se derivan también otros rasgos indeseados, es por ello que tras la hibridación suele ser necesario realizar un proceso de selección artificial durante varias generaciones, eliminando así aquellas plantas que sostengan rasgos desfavorables para que predominen sólo los deseados. Los híbridos suelen mostrar mayor vigor que los parentales, lo que da lugar a un mayor rendimiento. Este fenómeno ha sido aprovechado en la producción a gran escala de determinados cultivos de gran importancia económica, tales como el maíz, aunque también es apreciable la contribución que las semillas híbridas han supuesto en numerosas variedades de hortalizas y plantas ornamentales. Cuando se obtienen híbridos cuyos caracteres deseados ya están suficientemente desarrollados, se suelen reproducir por métodos asexuales, de esta forma se consigue sostener los rasgos idénticos entre individuos. Con métodos sexuales se interferirían los rasgos y probablemente se perderían a las pocas generaciones (Sobral, 1996). El retrocruzamiento es una técnica de hibridación que permite añadir a una variedad ya existente y deseada, un rasgo útil de uno de los parentales; es una técnica muy útil para incorporar a una especie cultivada un carácter de resistencia a enfermedades o insectos. Esta técnica consiste en obtener un híbrido de dos especies o variedades, para a continuación volver a cruzarlo con uno de ellos, aquel que consideramos contiene el rasgo más valioso. Esta operación de retrocruzamiento se realiza varias veces, junto con una labor de selección, consiguiéndose finalmente tras una serie de generaciones una concentración de los rasgos deseados, y una recuperación del tipo original (Cervantes, 2010; Innes, *et al.*,1994). Para lograr la hibridación es muy importante identificar los progenitores masculinos y femeninos o si son hermafroditas la morfología de la flor, para poder orientar los cruzamientos, bien sea evitando la llegada de polen extraño a cada planta mediante aislamiento espacial o protegiendo los órganos florales con bolsas de papel o tela espesa o densa; para lo cual se

debe hacer un cuidadoso estudio de la estructura floral, determinar cuáles son las flores que producen semillas de mayor tamaño, determinar el momento normal y las características de la dehiscencia de las anteras, así como el espacio de tiempo que el estigma permanece receptivo y el polen funcional, tener cuidado en los procesos de emasculación y polinización para no dañar los órganos florales, utilizando los instrumentos necesarios, no eliminar los verticilos florales, pétalos, glumas, etc. a menos que sea indispensable.

### **2.2.10.1 Importancia económica de los híbridos**

Las contribuciones de las leyes de la herencia, del célebre Gregorio Mendel en 1865, han tenido grandes aplicaciones en diferentes temas biológicos, incluyendo la hibridación. Las cruzas que él realizó (en invernadero) con colores diversos de flores en plantas de chícharo, fueron fundamentales para conocer cómo se segregan los caracteres. Esto es un ejemplo de lo que sucede en la naturaleza, pero entre especies. En este orden de ideas, las mejoras genéticas realizadas para una amplia gama de cultivos son consecuencia de las cruzas entre diferentes genotipos y/o especies de plantas de interés económico (hortícolas, alimenticias y medicinales, por ejemplo), a través de la búsqueda de: mejoras en rendimiento, tamaño, diversidad de sabores, ampliación del tiempo de madurez de frutos, entre otros (Cervantes, 2010). Por supuesto que, adicionalmente, en años recientes la utilización de los transgénicos ha venido a fortalecer muchas especies vegetales, en las cuales ya se insertan genes específicos. Aunque es importante resaltar que los transgénicos son producto de la hibridación llevada a su máxima expresión, debido a que esta mezcla se puede realizar entre diferentes linajes biológicos (poco relacionados evolutivamente), por ejemplo: bacterias y plantas. Se estima que 12 de los 13 cultivos más

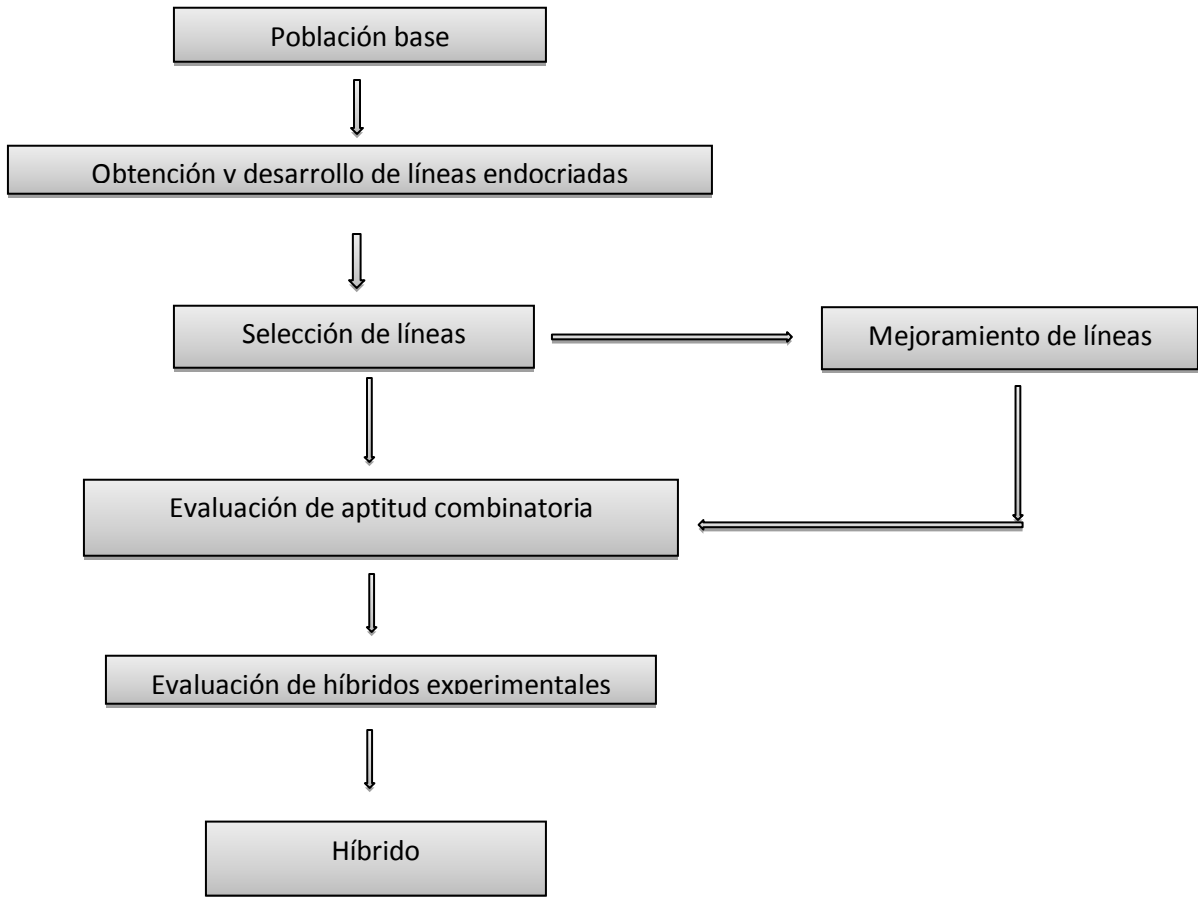
importantes en el mundo hibridan con un pariente silvestre, entre los que se encuentran el trigo, arroz, maíz, soya, cebada, algodón, sorgo, frijol y girasol. Por otro lado, uno de los resultados interesantes -que a menudo presentan los híbridos es que muestran mayor vigor (vigor híbrido) que las especies parentales, siendo en muchos casos un atributo para obtener un mayor rendimiento (Ramírez, 2014).

### **2.2.10.2 Proceso para el desarrollo de híbridos**

El sector logístico exige que las flores sean homogéneas y durables durante la conservación, que se manipulen sin sufrir daño durante el transporte, fácil para empacar, y uniformidad en tamaño de capítulo y altura de tallo (Figura 7). El cliente exige que la presentación sea atractiva, con aspecto fresco y saludable, con gran durabilidad. Todos estos eslabones en la cadena de producción, deben estar perfectamente sincronizados, y trabajar conjuntamente, ya que si uno falla en algún aspecto, fallará el resto (Riesber, 1998).

Algunos aspectos que hay que considerar en el desarrollo de los híbridos son la utilización de la endogamia en líneas superiores seleccionadas para su hibridación y posterior explotación de la heterosis (Harding, 1981).

Al obtener una variedad hortícola, los hibridadores enfrentan diferentes retos en los procesos de selección y producción, uno de ellos es el productivo, es decir el agricultor, otro es el logístico (empresas de comercialización, transportes, supermercados, etc.) y finalmente el consumidor o el cliente final, que exigen unas determinadas características (Ramírez, 2014).



**Figura 7.** Proceso para el desarrollo de híbridos

El agricultor exige que la variedad sea de alta producción, con resistencias a determinadas plagas y enfermedades, fácil manejo, disminución de costos de producción, en determinadas especies que la hoja sea grande o pequeña, con entrenudos cortos o largos, entre otras características (Cuadro 3) (Allard, 1980).

**Cuadro 3.** Características a considerar al obtener un híbrido

| Productivo   | Logístico                      | Consumidor |
|--------------|--------------------------------|------------|
| - Agricultor | - Empresas de comercialización | - Color    |
| - Ambiente   | - Transportistas               | - Calidad  |
|              | - Supermercados                | - Precio   |

### **2.2.10.3 Evaluación de híbridos**

#### **2.2.10.3.1 Aptitud Combinatoria General y Específica**

De manera general, la selección de los progenitores está basada en su capacidad para producir híbridos de mayores rendimientos. La capacidad de combinación de un solo progenitor con muchos otros es lo que se llama aptitud combinatoria general (ACG) y por la capacidad individual de combinación de un progenitor con otro es la aptitud combinatoria específica (ACE) (Gutiérrez, 2002). Debido a la variabilidad que existe dentro de una población alógama, en el caso de la gerbera se comienza por llevar a cabo varias generaciones de autofecundación antes de efectuar pruebas de aptitud combinatoria. Sin embargo, puesto que esto requiere mucho tiempo de trabajos previos, varios investigadores han estudiado la posibilidad de evaluar la aptitud combinatoria mediante pruebas con líneas de pocas autofecundaciones. Cuando se buscan combinaciones heterocigóticas dentro de una misma variedad, o entre variedades cercanamente emparentadas, hay una tendencia a obtener poco o ningún vigor híbrido. Si los progenitores utilizados son plantas de poca o de ninguna autofecundación es difícil asegurar su conservación de tal manera que puedan servir para reproducir el híbrido más deseado. También se ha demostrado que en el cruzamiento entre variedades de

genealogía distinta, puede dar origen a poblaciones con alto grado de heterosis medido por su rendimiento (Camposeco, *et al.*, 2015).

El concepto de aptitud combinatoria ha sido definido por Sprague, *et al.*, (1942) para líneas consanguíneas de maíz. Sin embargo es posible aplicarlo también a otro material. La aptitud combinatoria no es un atributo de un individuo o línea, sino un atributo del individuo o línea y la población de otros individuos o líneas sometidos a investigación. Sprague y Tatum definieron la aptitud combinatoria por medio de un análisis de variancia bifactorial que puede ser adaptado a una serie de cruzamientos dialélicos. La producción  $y_{ij}$  de la descendencia de cruzar el individuo o línea  $i$ -ésimo con el  $j$ -ésimo se compone de los efectos medios ( $a_i$  y  $a_j$ ) de ambas líneas sobre todas sus combinaciones con los otros individuos o líneas del experimento, y una desviación específica representada por  $s_{ij}$ ;

siendo  $m$  la media total: 
$$Y_{ij} = m + a_i + a_j + s_{ij}$$
 La variancia resultante de las  $a_i$  y  $a_j$  es entonces la variancia de la «aptitud combinatoria general»; siendo la variancia de  $s_{ij}$ ; la de la «aptitud combinatoria específica». Si los progenitores son una muestra extraída de una población que se aparea al azar, las variancias de la aptitud combinatoria general y específica son estimaciones de la variancia genética aditiva y de la variancia de la dominancia, respectivamente, de esa población (despreciando la epistasia). Cuando se seleccionan varios clones para un huerto de semillas el mejorador está interesado principalmente en la aptitud combinatoria general, ya que por medio de tal huerto sólo puede sacar provecho de la variancia genética aditiva. En otros casos, sin embargo, puede ser también posible el uso de la aptitud combinatoria específica, por ejemplo, con especies arbóreas de los géneros *Betula* y *Alnus* que solo permiten la producción de semilla en gran escala de sólo dos clones (Romero, 2002)

Cuando se logra obtener híbridos cuyos caracteres deseados ya están suficientemente desarrollados, se suelen reproducir por métodos asexuales, de esta forma se consigue sostener los rasgos idénticos entre individuos. Con métodos sexuales se interferirían los rasgos y probablemente se perderían a las pocas generaciones (Reyes, 2004).

#### **2.2.10.3.2 Heterosis**

Los estudios de heterosis y vigor híbrido se iniciaron en forma organizada y amplia desde principios del siglo XX, particularmente en el maíz, a partir de ahí se han realizado estudios en muchas plantas con respecto al valor híbrido, el cual se ha tratado de explicar cómo hipótesis propuestas para la herencia. En plantas alógamas como la gerbera, se sabe que una población panmíctica tienen la tendencia a mantener un equilibrio en su constitución genética (Cervantes, 2014) y cada uno de los individuos que constituyen tal población es un híbrido diferente a cualquier otro dentro de la misma población. Como consecuencia cada uno de los individuos puede tener distinto grado de heterosis y así mismo diferente capacidad de rendimiento (Sánchez, 2011). Esto significa que una población mantiene constantemente cierto grado de heterosis y, por tanto, la disminución de vigor y depresión del rendimiento de las líneas autofecundadas obtenidas de cualquier población alógama, es estrictamente una forma de manifestación de la heterosis perdida que existía en la planta original ( $S_0$ ). También aclara la posibilidad de que la hibridación entre líneas de una misma variedad puede significar que la depresión causada por la endogamia disminuye (que aumente la producción o vigor), sin que el rendimiento llegue a ser superior al de los progenitores, representando la cis-heterosis o bien que la heterosis llegue a sobrepasar a la de las variedades progenitoras, en una manifestación de transheterosis (Prajapati, 2014). La estructura de una población alógama también indica la posibilidad de encontrar, ya

dentro de la población, individuos altamente productivos debido a la aptitud combinatoria específica, particularmente favorable de sus progenitores causales, Desde el punto de vista de la fitogenética, sería muy conveniente identificar estos individuos y seleccionarlos para que sirvan como progenitores de nuevas variedades. El procedimiento es particularmente difícil cuando se trata de individuos aislados y de vida corta, pero ha tenido bastante éxito y pueden tener aún más en el caso de plantas perennes que pueden propagarse vegetativamente (como es el caso de la gerbera).

Las estrategias comerciales para la utilización de la heterosis en plantas deben ser:

- Los híbridos deben satisfacer las necesidades del cliente.
- El retorno a la inversión debe ser, al menos, 3 veces el costo de la semilla híbrida.
- El precio de la semilla híbrida debe ser suficientemente alto para permitir un retorno del 10-15 % (compañías privadas), y permitir una inversión del 5 – 10 % de las ventas para investigación.

Cardoso (2009), describe detalladamente las hibridaciones en gerbera, menciona que existen varios caminos para mejorar el material híbrido proveniente de los cruzamientos en las plantas de autofecundación y las plantas de polinización frecuentemente cruzadas. Estos caminos dependen del método a seguirse o de su combinación, del tipo específico del material que se cruce y aún de los fondos que se dispongan para estos fines. El primer proceso de selección de una variedad es partir del material genético de la naturaleza, por lo que nos encontramos con gran heterocigosis, máxima variabilidad, etc. A este material genético base, se le denomina semilla salvaje. Luego seleccionamos unos determinados caracteres que nos interesan, y hacemos homocigosis y máxima uniformidad. A esto último



se le denomina línea parental y son las semillas iniciales de la investigación. Posteriormente cruzamos los parentales con ellos mismos, obtenemos una descendencia  $F_1$  (híbridos), que no obtendrán los caracteres deseados, volvemos a cruzar esta línea  $F_1$ , consigo mismo, y obtenemos una descendencia  $F_2$ , y así sucesivamente, hasta obtener la variedad con el genotipo deseado. En los cruces lo que se hace es, obtener polen de una planta que actúa como macho, y emasculamos otra que actúa como hembra, depositando el polen sobre el estigma de la misma. A este método de selección se denomina "Método de selección dirigida" (Benem, 2010).

Los individuos de los cuales se obtiene esta planta poseen el mismo genotipo, que la planta anterior, y se deben guardar en un banco de germoplasma. Dejamos unos alelos dominantes homocigóticos, con características importantes, para en caso de cruce de la misma variedad, no obtener una variedad semejante. Posteriormente se deben realizar "ensayos", y enviando los materiales con distintos agricultores, para ver el comportamiento de la variedad en el mayor número de zonas posibles, en distintas épocas de plantación, en distintos invernaderos, con diferentes técnicas de cultivo, etc. La situación en el invernadero debe ser lo más representativa posible. En el período de ensayos se comprueba si la variedad se comporta correctamente. Si es así, se lanza al mercado, y vemos su comportamiento en logística y consumidor. Se hace una primera pequeña producción de la variedad para ver este comportamiento, y si la variedad no se comporta correctamente se deja de producir. En caso contrario se realiza una producción masiva.

### III. JUSTIFICACIÓN

El mercado de las plantas ornamentales es extremadamente dinámico y demanda novedades constantemente. Para satisfacer las necesidades de ese mercado es fundamental un programa de mejoramiento genético sincronizado a las exigencias del mercado consumidor. El mejoramiento de la gerbera consiste básicamente en realizar cruzamientos y selección de genotipos de calidad, que sean propagados por medio de cultivo de tejidos. Las variedades de gerbera, que se cultivan en México se importan de países como España y Holanda principalmente, estas variedades son obtenidas a través de mejoramiento genético utilizando el método de hibridación, cada casa comercial tiene su propio germoplasma, mismo que le ha llevado años en mejorar y propagar. Estos países se encargan de surtir las variedades que producen y comercializan los productores del mundo, incluidos entre ellos México. Todo lo anterior implica que uno de los requisitos importantes al inicio de cualquier programa de mejoramiento es el conocimiento de la magnitud y estructura genética de la variación en las poblaciones naturales. De no existir suficiente variación disponible en características de interés en la población natural, es necesario crearla en forma artificial, ya sea mediante hibridación intra o interespecífica. Aunque la variación natural existe y puede reconocerse a diferentes niveles, la variación más empleada en los programas de mejoramiento genético es la que existe entre poblaciones de diferentes procedencias y entre individuos dentro de una población. El primer nivel de variación (interpoblacional) generalmente tiene su mayor contribución en las características de importancia adaptativa, mientras que el segundo nivel (intrapoblacional) es más útil en características de interés económico. La gerbera se produce en México desde la década de 1980 y año con año se está incrementando el número de hectáreas de producción, también

ha aumentado el valor del dólar y del euro, monedas en las que se adquiere esta especie, por lo que la utilidad para el productor cada vez es menor. Como una aportación a los productores florícolas mexicanos es que se pretende generar nuevas variedades de gerbera, utilizando el método de mejoramiento genético de la hibridación porque este método proporciona el medio por el cual se efectúan nuevas recombinaciones, además de que permite acelerar y mejorar los procesos naturales para el desarrollo de nuevas variedades con diversos colores, formas y tamaños de la inflorescencia y mediante una selección fenotípica y genotípica podremos elegir los materiales que mejor se adapten a las condiciones agroclimáticas de nuestra región, y elegir los colores, formas y tamaños que más gusten a los consumidores finales. Al mismo tiempo con el uso del mejoramiento genético se puede promover la generación de variedades que sean resistentes a plagas y enfermedades y generar alguna característica fenotípica que la haga diferente para su comercialización. Los trabajos de hibridación actualmente se están desarrollando en muchas especies entre ellas, girasol, tigrídias, nochebuenas, y otras comestibles, como el arroz, trigo, maíz, etc. Son trabajos en los que se pretende la preservación de la especie. Sin embargo no existen reportes de que se realice hibridación con especies comerciales de importancia como es el caso de la Gerbera. Con el desarrollo de este trabajo se intenta obtener caracteres intermedios en los  $F_1$ , y generar materiales que pudieran ser la fuente de variación para seleccionar materiales aptos para nuestros climas y para el gusto del público.

#### **IV. HIPÓTESIS**

La hibridación intraespecífica entre genotipos de gerbera permite obtener nuevos híbridos con características superiores a las actuales.

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

- 1) Identificar híbridos comerciales con valor genético en un programa de mejoramiento para producir variedades híbridas de alto rendimiento.

### **5.2 Objetivos específicos**

- 1) Evaluar la producción de gerbera en dos sistemas de producción para variables asociadas al rendimiento y calidad de tallos florales.
- 2) Seleccionar fenotípica y genotípicamente variedades con características sobresalientes potencialmente a ser utilizadas en hibridación.
- 3) Evaluar los progenitores seleccionados mediante análisis dialélico de todas las cruzas posibles directas y recíprocas, su comportamiento en caracteres cualitativos y cuantitativos.
- 4) Identificar la aptitud combinatoria general y específica y la heterosis en las distintas cruzas para selección de híbridos sobresalientes.

## **VI. METODOLOGÍA**

### **6.1 Selección de progenitores**

#### **6.1.1 Lugar de experimentación**

El estudio se llevó a cabo de julio del 2013 a julio del 2015 en las instalaciones de la empresa Servicios Integrales de Horticultura Ornamental S.A. de C.V., ubicada en Carretera libre Toluca-Ixtapan de la Sal, km 64, los Arroyos, Villa Guerrero, Estado de México, que se localiza a 18° 54' 58" LN y 99° 38' 37" LO.

#### **6.1.2 Material biológico**

Se empleó material vegetativo de diferentes variedades de *Gerbera jamesonii* Bolus, obtenido de las casas comerciales "Terra Nigra" de Holanda y "Bindisirio" de Italia. Se preseleccionaron 20 materiales sobresalientes en estabilidad, calidad y rendimiento, de ambas empresas (Cuadro 4) y que se evaluaron para seleccionar progenitores.

**Cuadro 4.** Origen y características de variedades de *Gerbera jamesonii* Bolus seleccionadas para evaluación como progenitores en esquemas de hibridación.

| Variedad    | CC | O | Ccap | Cd | Tipo | R  | VF | DC | AP |
|-------------|----|---|------|----|------|----|----|----|----|
| Dakota      | Tn | H | Bl   | N  | Sm   | 17 | 10 | 10 | 52 |
| Igloo       | Tn | H | Bl   | V  | Sm   | 22 | 12 | 12 | 60 |
| Fascination | Tn | H | Rs   | N  | Sm   | 20 | 14 | 12 | 60 |
| Baron       | Tn | H | Nr   | N  | Sm   | 16 | 12 | 10 | 55 |
| Antibes     | Tn | H | Rj   | V  | S    | 17 | 11 | 11 | 55 |
| Renato      | Tn | H | Am   | V  | Sm   | 18 | 10 | 11 | 58 |
| Alcatraz    | Tn | H | Rj   | V  | Sm   | 17 | 12 | 11 | 58 |
| Good moon   | Tn | H | Bc   | N  | Sm   | 16 | 11 | 11 | 58 |
| Batavia     | Tn | H | Nr   | N  | Sm   | 16 | 10 | 11 | 58 |
| Dino        | Tn | H | Am   | V  | Sm   | 16 | 10 | 11 | 60 |
| Sasafrass   | Tn | H | Bc   | N  | Sm   | 17 | 11 | 10 | 55 |
| Stanford    | Tn | H | Fs   | N  | S    | 16 | 12 | 10 | 58 |
| Caraban     | B  | I | Rs   | N  | Sm   | 16 | 11 | 11 | 55 |
| Jessy       | B  | I | Nr   | N  | Sm   | 17 | 10 | 11 | 60 |
| Greta       | B  | I | Am   | V  | D    | 18 | 12 | 10 | 55 |
| MG24        | B  | I | Fs   | N  | S    | 17 | 12 | 11 | 58 |
| Rock        | B  | I | Rj   | V  | S    | 17 | 13 | 10 | 60 |
| Joy         | B  | I | Bl   | V  | S    | 16 | 12 | 10 | 58 |
| Mabel       | B  | I | Nr   | V  | Sm   | 17 | 12 | 11 | 58 |

**CC** = casa comercial. **O** =origen. **Ccap** = color de capítulo. **Cd** = color de disco. **R** = rendimiento. **VF** = vida en florero. **DC** = diámetro de capítulo. **AP** = altura de pedúnculo. **Tn** = Terra nigra. **B** = Bindisirio. **H** = Holanda. **I** = Italia. **Bl** = Blanco; **Bc**= bicolor **Rs** = Rosa. **Nr** = Naranja. **Am** = Amarillo. **Rj** = Rojo. **Fs** = Fiusha. **N** = Negro. **V** = Verde. **Sm** = semidoble. **S** =Sencilla. **D** = Doble.

### **6.1.3 Sistemas de producción**

Las plantas se establecieron en los sistemas de producción suelo y semihidroponia, ambos en condiciones de invernadero dentro de naves de seis metros de altura, con seis metros de ancho y 40 m de largo; con un intervalo de temperatura anual de 18 a 28 °C y humedad relativa promedio de 70 %. La cubierta de invernadero fue con polietileno blanco lechoso con un porcentaje de sombra del 50 %. El riego, nutrición, y programas de sanidad fueron suministrados mediante riego por goteo con goteros a cada 10 cm.

El establecimiento de gerbera en suelo se hizo en camas elevadas de 40 cm de alto, 60 cm de ancho y un pasillo de 40 cm entre camas. Se establecieron plántulas enraizadas a una densidad de plantación de seis plantas·m<sup>-2</sup>. Para el sistema de producción semihidropónico se utilizaron macetas de 20 L a 90 % de su capacidad con 45 % de arena de gravilla volcánica roja en la base y 45 % de la mezcla peat moos - agrolita (2:1) en la parte superior.

### **6.1.4 Variables evaluadas**

#### **6.1.4.1 Rendimiento**

Se evaluó el rendimiento en términos de número de tallos florales por metro cuadrado por mes a partir de los 120 días después del trasplante y de acuerdo a la productividad de la planta se clasificó en: alto (Mayor a 22 tallos), bueno (de 18 a 22 tallos), mediano (18 a 15 tallos) y bajo (menor a 15 tallos), (Benem, 2010).



#### **6.1.4.2 Altura de pedúnculo**

Se midió en centímetro, desde la base del pedúnculo hasta hasta el receptáculo del capítulo y se clasificaron de acuerdo a los estándares de calidad en buena ( $\geq 60$  cm), mediana (entre 40 y 59 cm) y baja ( $< 40$  cm) (Muceniece, *et al.*, 1978).

#### **6.1.4.3 Diámetro de capítulo**

Se midió el diámetro del capítulo en centímetros cuando las dos hileras más externas de flores exhibieron liberación de polen. De acuerdo al diámetro del capítulo, éste se clasificó en “mini” de 6 a 7 cm, pequeño de 7 a 8 cm, mediano de 8 a 10 cm, grande de 10 a 12 cm y gigante cuando fue mayor a 12 cm (UPOV, 2000).

#### **6.1.4.4 Vida en florero**

Los capítulos cosechados y con un corte diagonal de pedúnculo a un centímetro de la base fueron colocados en agua a temperatura ambiente con una solución de 40 ppm de hipoclorito de sodio en 1 litro de agua para posteriormente ser evaluados a vida de florero, que de acuerdo a su duración en días se clasificó en buena (12 a 16), media (8 a 12) y baja ( $< 8$ ) (Yong, 1978). El término de la vida en florero de una flor de gerbera se caracteriza por la presencia de pistilos con polen abundante del exterior al interior del disco, los capítulos tienden a decolorarse, deformarse y marchitarse, la base del pedúnculo que une al capítulo tiende a doblarse (Borghini, *et al.*, 1970).

## 6.2 Evaluación de híbridos

Se realizaron cruzamientos intraespecíficos artificiales entre diferentes variedades. Este proceso se desarrolló bajo el esquema de la Figura 8. La selección de los progenitores fue de acuerdo a características favorables como altura de pedúnculo, diámetro de capítulos, altura de pedúnculo y rendimiento presentes en cada uno de ellos. Los progenitores femeninos presentaron capítulos con lígulas y anteras inmaduras, para posteriormente hacer la emasculación.

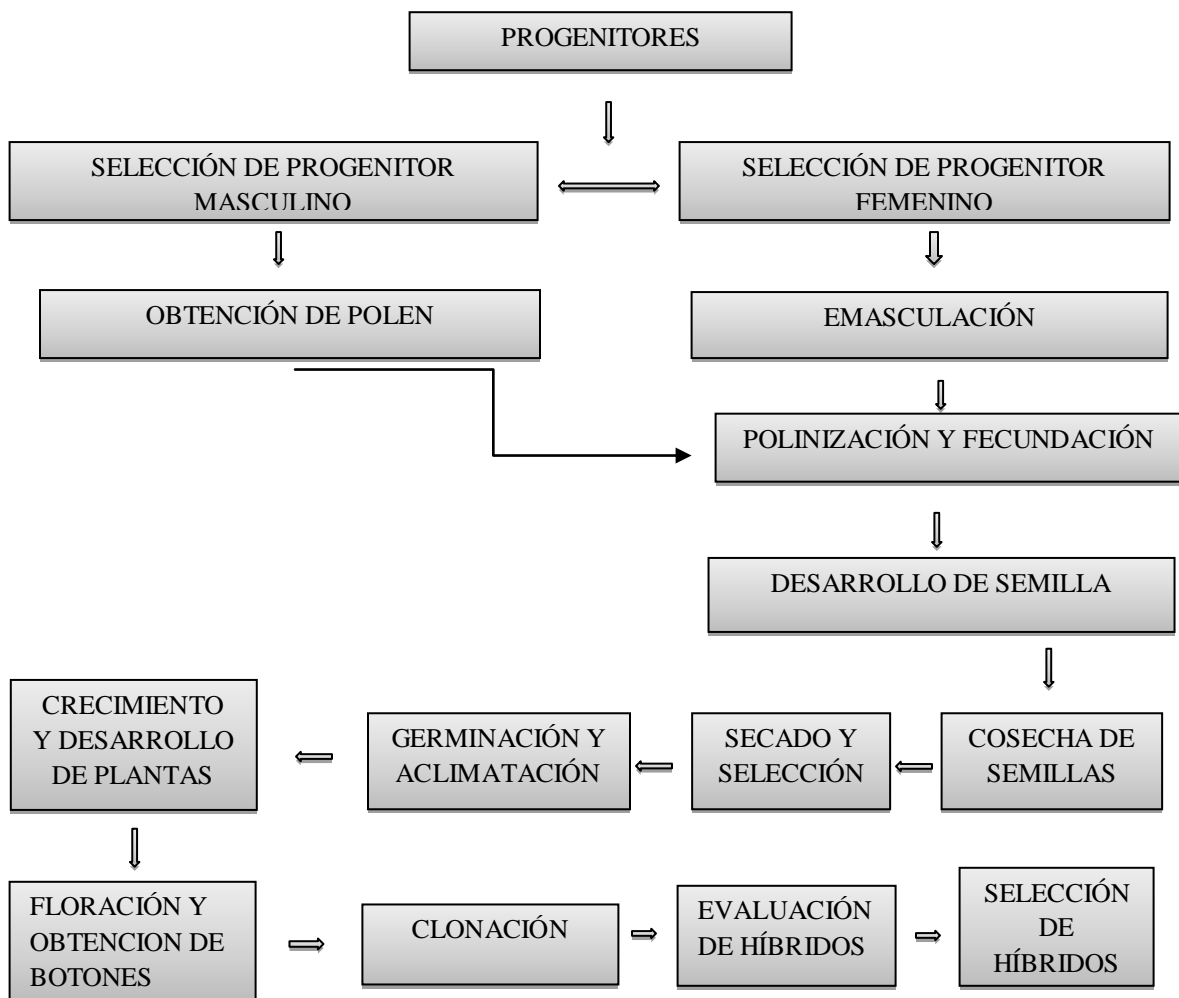


Figura 8. Proceso para el desarrollo de híbridos de Gerbera.

Se realizaron cruzamientos intraespecíficos artificiales entre diferentes variedades. La selección de los progenitores fue de acuerdo a características favorables como altura de pedúnculo, diámetro de capítulos, altura de pedúnculo y rendimiento presentes en cada uno de ellos. Los progenitores femeninos presentaron capítulos con lígulas y anteras inmaduras, para posteriormente hacer la emasculación.

La emasculación consistió en retirar con pinzas todas las lígulas de disco (flores masculinas) sin dañar las lígulas de la periferia, las cuales constituyen a las flores femeninas y que fueron las receptoras del polen en la hibridación. Para la selección del progenitor masculino se consideraron capítulos maduros en anthesis, con abundante polen en los estambres. La colecta del polen se hizo en días con cielo despejado y caluroso, con temperaturas entre 18 y 24° C, el polen colectado se depositó en una caja Petri, esta se selló y se identificó con fecha de colecta (mes, día, año), y el nombre de la variedad. Para llevar a cabo la polinización se utilizó un pincel de cerdas finas previamente desinfectado con alcohol. La polinización se hizo preferentemente el día de la colecta del polen y consistió en tomar el polen con el pincel, y frotarlo suavemente en los pistilos de las lígulas femeninas. Al finalizar la polinización, se cerró con mucho cuidado el capítulo polinizado y se cubrió con una bolsa, a la que se colocó una etiqueta en la cual se anotó la fecha de la cruce, el nombre de los progenitores y el número de cruce. Las semillas fecundadas y maduras estuvieron aptas para la cosecha de 25 a 35 días después de la polinización. Los capítulos polinizados se desprendieron a partir de la base del pedúnculo. Para la selección de semillas se eliminaron aquellas que no presentaron embrión y las de menor tamaño. Luego con ayuda de unas pinzas se procedió a retirar el vilano de cada una de las semillas

seleccionadas. Las semillas híbridas para su secado se almacenaron en un lugar a temperatura ambiental, por 3 días. La germinación se llevó a cabo en condiciones controladas de temperatura y humedad, se utilizaron charolas de plástico negras de 105 cavidades se llenaron de sustrato (70 % peat moss más 30 % agrolita) y se hidrataron al 100 %. Se colocó una semilla por cada cavidad, al llenarse la charola, se puso un indicador con fecha de siembra, nombre de progenitor y número de semilla. Durante el proceso de germinación se observó la fecha, el tiempo de crecimiento y la coloración de los folíolos. En este proceso se eliminaron aquellos individuos que presentaron folíolos amarillentos, débiles y con poco desarrollo. Al seleccionar los mejores individuos y cuando formaron al menos dos pares de folíolos con una altura mínima de 5 cm se trasplantarán a charolas con cavidades jiffy 6, las cuales se colocaran en un invernadero con malla sombra para evitar los rayos directos del sol sobre los nuevos individuos. El proceso de aclimatación se llevó un período aproximado de ocho semanas, cuando los individuos formaron raíces vigorosas y folíolos verdaderos fotosintéticamente activos, para después ser trasplantados a un contenedor donde se desarrollaran hasta formar los capítulos florales. Durante el crecimiento y desarrollo de las plantas se utilizaron macetas de 10 pulgadas que se llenaron por la base al 30 % tezontle, el segundo nivel se complementó con una mezcla de turba, perlita, vermiculita y humus (mezcla 2, nombre comercial de la casa comercial Agrolita). Se humedecieron al 90 % y se colocó el individuo seleccionado. El contenedor se identificó con la fecha de trasplante, el nombre de los progenitores y el número de planta. El sustrato utilizado que tiene una excelente retención de humedad, evita pudriciones de raíz o de tallo fue de una mezcla que posee una excelente porosidad para aireación y que favoreció la oxigenación de las raíces. El pH de este sustrato es ligeramente ácido, ideal en los cultivos como la gerbera, tiene una baja conductividad

eléctrica y elevada capacidad de intercambio catiónico lo que permite un mejor aprovechamiento de los fertilizantes aplicados durante el riego (Cuadro 5) (Alberico, 2010).

Cuadro 5. Propiedades físicas y químicas del sustrato para producción de gerbera (Alberico, 2010).

| <b>Propiedades Físicas</b>  |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| Densidad                    | 0.08 g/cm <sup>3</sup> |
| Porosidad                   | 61% - 65%              |
| Retención de humedad        | 40%                    |
| <b>Propiedades Químicas</b> |                        |
| pH                          | 5.1 – 5.7              |
| CE                          | 0.73 dS/m              |
| CIC                         | 66- 69 meq/ 100gr      |

Durante esta etapa se realizaron las labores de cultivo necesarias para el cultivo como son: fertilización, control de plagas y enfermedades, riegos, retiro de primeros botones y tallos florales. Al obtener las plantas maduras y los botones florales de los híbridos se hizo una comparación de las plantas obtenidas con las características morfológicas y agronómicas de sus progenitores, al identificar alguna diferencia fenotípica con los progenitores se consideró como criterio de clasificación de híbrido verdadero. Para garantizar la supervivencia de los híbridos obtenidos, éstos se clonaron , este proceso consistió en obtener un botón floral, el cual no debe ser menor a 0.5 cm, ni mayor a 1.5 cm, las brácteas deben cubrir perfectamente al botón, este botón se colocó en papel higiénico húmedo con agua destilada y se cubrió completamente, el cual se depositó en un frasco al que se le colocó la fecha de colecta, y el número de híbrido. Los botones colectados se almacenarán en un refrigerador a 5 °C, no más de 24 horas. Para la desinfección del botón, éste se

colocó durante 10 minutos en agua jabonosa que se agitó vigorosamente dentro de una cámara de flujo laminar. El botón se retiró del agua y se transfirió a una solución de cloro al 5 % y se dejó reposar por 18 minutos. Se enjuagó con agua estéril por dos ocasiones, posteriormente se dejaron en agua esterilizada para evitar que se deshidrataron. Dentro de una cámara de flujo laminar se procedió a dividir el botón con ayuda de un bisturí, dependiendo del tamaño se realizaron divisiones de dos a cuatro secciones. Se retiraron por completo todas las brácteas del involucro que lo cubrieron. Cada sección obtenida se colocó en un frasco con una solución de Murashine y Skoog modificado. Estos frascos se almacenaron en un área a 0 % de luz durante 10 o 20 días dependiendo de la variedad. El indicador para retirar de la oscuridad fue el brote, que posteriormente se convirtió en foliolo y luego en planta.

La primera fase fue la inducción de brotes, bajo condiciones asépticas, y la segunda fue la fase de enraizamiento, en estos procesos se verificaron variables que fueron inicio de formación de raíz (días), número de raíces y longitud de raíz (cm).

Una vez concluida la fase de enraizamiento *in vitro* se procedió a trasladar las plántulas provenientes de dicho experimento a charolas de plásticas de 38 cavidades cada una. Esta fase se le conoce como aclimatación. Las plantas que sobrevivieron a este proceso se trasplantaron a macetas de 10 pulgadas, para su crecimiento y desarrollo, permaneciendo un tiempo aproximado de tres a cuatro meses hasta floración y entonces se procedió a realizar la caracterización morfológica y agronómica, como se ejemplifica en la Figura 9.

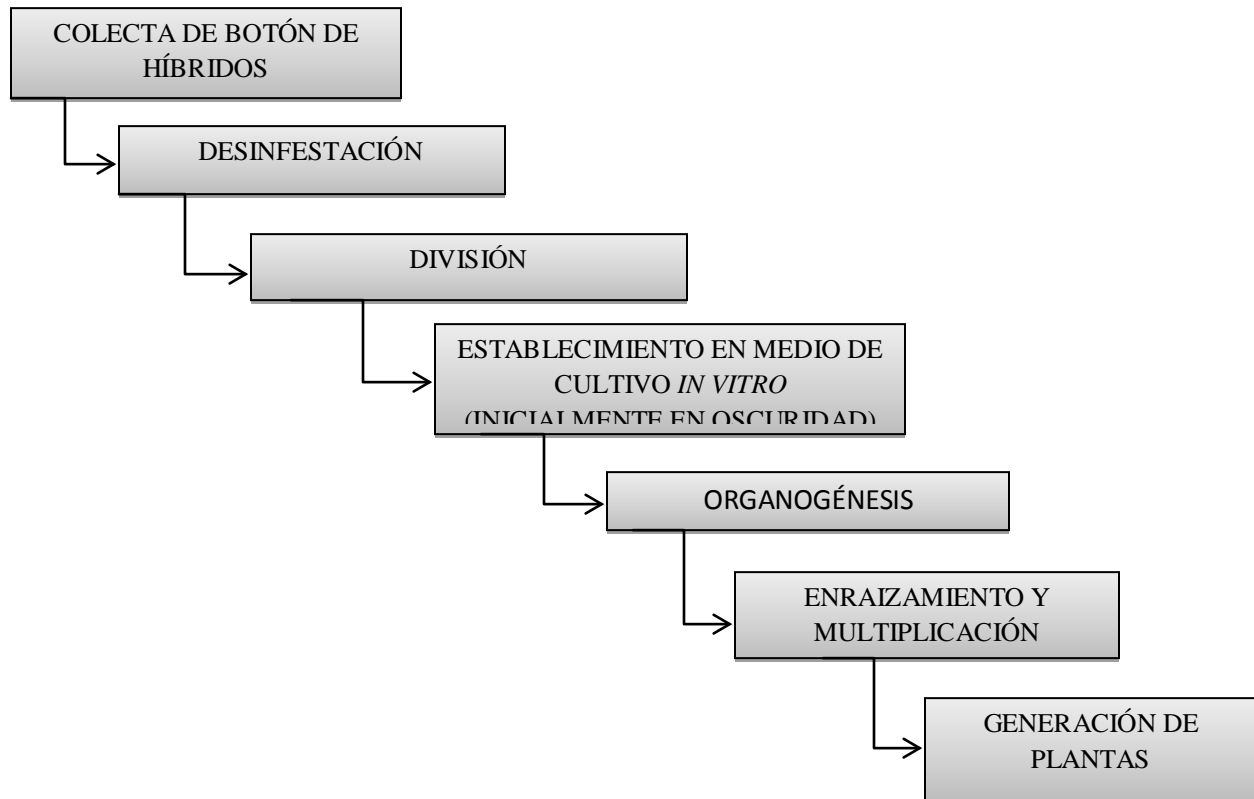


Figura 9. Proceso de clonación a través de botón floral de los híbridos obtenidos.

Los cruzamientos se hicieron entre progenitores femeninos con anteras inmaduras y progenitores masculinos con antesis completa y polen abundante. El capítulo del progenitor femenino fue emasculado y polinizado con el progenitor masculino y cubierto con bolsas de pellón para evitar contaminación con polen extraño. Las semillas  $F_1$  cosechadas a madurez fisiológica fueron sembradas en charolas de germinación con sustrato de peat moos y agrolita 2:1 (v/v) hidratado al 100 %, y mantenidas a temperatura de  $21 \pm 3$  °C y humedad de 70%. Se colocó una semilla por cada cavidad y las plántulas obtenidas se preseleccionaron por crecimiento vigoroso con formación de tres o más pares de hojas verdaderas (Leffring, 1973) para pruebas de clonación por cultivo de tejidos *in vitro* y posterior selección de las cruas con buena capacidad organogénica, criterio importante en

la propagación comercial. Plántulas de 20 cm de altura de cada una de los híbridos seleccionados se trasplantaron a macetas de 20 L con 40 % de tezontle rojo en la base y 60 % de la mezcla peat moos - agrolita 2:1 (v/v) en la parte superior. Las macetas se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue una planta. Se midieron las variables rendimiento (tallos florales·m<sup>-2</sup>); altura del pedúnculo (cm), desde su base hasta el receptáculo del capítulo; diámetro del capítulo completamente abierto (cm), medido ecuatorialmente a borde de lígulas; vida en florero a temperatura ambiente en una solución de 40 ppm de NaClO, medida en días de acuerdo a la presencia de pistilos con polen abundante del exterior al interior del disco y conservación de turgencia, forma y color de capítulos (Borghini, *et al.*, 1970; De Jong, 1978).

## **6.5 Diseño experimental**

Para la selección de progenitores, las 20 variedades de gerbera y los sistemas de producción (semihidropónico y suelo) se evaluaron bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 20 x 2, con cuatro repeticiones. Se seleccionaron las seis mejores variedades. Para evaluar los híbridos se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió en cuatro plantas en macetas para el sistema semihidropónico y en cuatro plantas para suelo en camas de 60 cm de ancho por 40 de alto a una distancia de 33 cm entre planta y planta.



## 6.6 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y un análisis genético, usando el modelo II de efectos aleatorios (Griffing, 1956) para estimar los efectos de ACG y ACE de los progenitores y las cruzas resultantes de  $p(p-1)/2$  combinaciones, respectivamente. El análisis estadístico se hizo con el programa de cómputo InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2011). Las estimaciones de heterosis (H) se realizaron con base en la fórmula  $H = ((F_1 - VPM) / VPM) \times 100$ , donde:  $F_1$  fue el valor promedio de la craza y VPM fue el valor promedio de los progenitores (Reyes, 1985). Para obtener las significancias estadísticas entre los porcentajes de heterosis obtenidos por las cruzas, se realizó un análisis de varianza para cada variable y donde hubo diferencias se utilizó la prueba de comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ). En base a la proporción relativa de los cuadrados medios de los efectos de ACG y ACE, se determinó la contribución relativa de los efectos aditivos y no aditivos de las variables en estudio. Los efectos de ACG y ACE se probaron usando la prueba de comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Los valores superiores de las medias de progenitores y cruzas de las variables en estudio fueron aquellas que superaron al valor promedio de las media más el error estándar ( $\mu + ES$ ). Como criterio de selección de las mejores cruzas se utilizó el valor del rendimiento superior a la media del mismo carácter más su error estándar.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Selección de progenitores

De acuerdo con el análisis de varianza se observa en el Cuadro 6 que existieron diferencias estadísticas altamente significativas donde el sistema de producción semihidroponico fue mejor que el de suelo, ya que para el rendimiento, vida en florero, altura de pedúnculo y diámetro de capítulo los valores más altos se presentan bajo este sistema. Se observa que existe interacción entre estos factores.

**Cuadro 6.** Resumen de análisis de varianza y comparación de medias (Tukey,  $p \leq 0.5$ ) para sistemas de producción semihidroponia y suelo.

| SISTEMA | RENDIMIENTO** | VIDA DE<br>FLORERO | DIÁMETRO DE<br>CAPÍTULO | ALTURA DE<br>PEDÚNCULO |
|---------|---------------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| SH      | 19.00 a       | 12.26 a            | 11.65 a                 | 61.16 a                |
| SU      | 17.48 b       | 11.82 b            | 10.89 b                 | 60.35 b                |
| VAR*SIS | <0.0001       | <0.0001            | <0.0001                 | <0.0001                |
| C.V.    | 5.38          | 5.95               | 5.88                    | 3.25                   |

SH = Semihidroponia, SU = Suelo, Rendimiento (tallos/m<sup>2</sup>/mes). Vida en florero (no. de días). Diámetro de capítulo (cm). Altura de pedúnculo (cm). SH = Semihidroponia, SU = Suelo. VAR\*SIS = Variedad por sistema, C.V. Coeficiente de variación.

El análisis de correlación entre variables evaluadas en los sistemas semihidropónico y suelo denotaron correlaciones positivas y altamente significativas entre variables componentes del rendimiento como altura del pedúnculo, rendimiento, diámetro del capítulo, así como entre componentes de calidad como la vida de florero con la altura del pedúnculo. Las demás correlaciones también fueron positivas y significativas lo que denota

la fuerte asociación entre los componentes de rendimiento y calidad. En general los valores de correlación estuvieron ligeramente debajo del 50 %, lo que sugiere la influencia de otros factores no evaluados en la presente investigación (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Matriz de correlación de Pearson para variables de rendimiento y calidad de gerbera en los sistemas de producción de semihidroponía y suelo.

|                      | RENDIMIENTO | VIDA EN FLORERO | DIÁMETRO DE CAPÍTULO | ALTURA DE PEDÚNCULO |
|----------------------|-------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| RENDIMIENTO          | 1           |                 |                      |                     |
| VIDA EN FLORERO      | 0.60*       | 1               |                      |                     |
| DIÁMETRO DE CAPÍTULO | 0.50*       | 0.43**          | 1                    |                     |
| ALTURA DE PEDÚNCULO  | 0.44**      | 0.46*           | 0.40**               | 1                   |

Cada variedad tuvo un resultado diferente según la variable, siendo las variedades Fascination la que tuvo el rendimiento más alto, vida en florero y altura de pedúnculo no así para el diámetro de capítulo con 22.20 tallos por metro cuadrado por mes, siendo la variedad Mg 24 la que presentó un diámetro de capítulo más grande.

En este estudio se evaluó la producción por metro cuadrado por mes donde se aprecia que las variedades Fascination, Alcatraz, Jessy, Mg24, Dino, y Sassafras son las que produjeron de 20 a 22 tallos por metro cuadrado, lo que nos indica que estas variedades tienen un alto rendimiento. Estos resultados están de acuerdo con los hallazgos de Singh, *et al.*, (2011) en gerbera bajo condiciones protegidas. Las variedades que presentaron el rendimiento más bajo fueron las variedades Mabel, Rock, Good Moon, Batavia, Stanford y Joy presentando 16 a 13 tallos respectivamente.

Los criterios de una vida en florero son: la madurez, que esté libre de daños físicos y fotosanitarios, rigidez y tallo erguido (Singh, *et al.*, 2011). En el estudio realizado las variedades que presentaron mayores días en florero fueron Fascination, Jessy, Mg24, Igloo, Good Moon, Dino y Greta con 18 a 12 días. Las variedades con menores días de vida (9-10) fueron: Caraban y Antibes. La variación en la vida en florero en las diferentes variedades se puede atribuir a las variaciones genéticas y al sistema de cultivo, como lo demostró en sus estudios Yong (1978).

Existieron diferencias altamente significativas para las variables rendimiento, vida de florero, diámetro de capítulo y altura de pedúnculo por el efecto del factor progenitores e híbridos. Los datos relativos al diámetro del capítulo variaron en 10-11 cm según Silva (2008), el diámetro de un capítulo está dado por los caracteres inherentes a los cultivares individuales.

Para la altura del pedúnculo en esta evaluación se encontraron valores estadísticamente iguales para las variedades Igloo, Fascination, Mg24, Alcatraz, Jessy y Dino con valores que van de 63 a 66.15 cm, mientras que las variedades Baron, Good Moon, Sassafrass, Greta, Antibes y Batavia presentaron la altura más baja de 59.87 cm a 53.8 cm, respectivamente. Estas alturas fueron encontradas por Cantor, *et al.*, 2006; aunque para variedades diferentes, al mismo tiempo menciona que esta característica está determinada por las características genéticas de las variedades.

## 7.2 Evaluación de híbridos

El análisis agronómico y estadístico de cada una de las variables sirvió para evaluar las mejores variedades, que fueron: Fascination, Jessy, Alcatraz, Igloo, Dino y Mg24, cuyos valores e presentan en el cuadro 8.

**Cuadro 8.** Selección de las seis variedades que presentaron los mejores resultados para el sistema de producción en semihidroponía y el sistema de producción en suelo. Donde en general se observan como mejores variedades: Fascination, Jessy, Alcatraz, Dino, Mg24 e Igloo.

| Variedad    | O | C. Cap | C. Dis | Tipo | RTO   | VF    | DC    | AP    |
|-------------|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| Fascination | H | Ros    | N      | Sem  | 22.21 | 13.96 | 11.29 | 64.44 |
| Jessy       | I | Nar    | N      | Sem  | 21.00 | 14.37 | 12.07 | 63.31 |
| Alcatraz    | H | Roj    | V      | Sem  | 21.14 | 13.71 | 11.59 | 63.25 |
| Igloo       | H | Bla    | V      | Sem  | 20.04 | 12.75 | 12.23 | 66.16 |
| Dino        | H | Ama    | V      | Sem  | 20.63 | 12.58 | 11.82 | 63.06 |
| MG24        | I | Fis    | N      | Sem  | 20.71 | 12.92 | 11.82 | 63.41 |

**C. Cap** = Color de capítulo. **C. Dis** = Color del disco. **RTO** = Rendimiento. **VF** = Vida en florero. **DC** = Diámetro de capítulo. **AP** = Altura de pedúnculo.

La selección se realizó considerando las mejores características genotípicas y fenotípicas recomendables o adecuada para su comercialización, tales como rendimiento, vida en florero, diámetro de capítulo y altura de pedúnculo

El desempeño de los progenitores y cruza representado en sus medias fue variable y con diferencias significativas en los parámetros medidos tanto dentro, como entre progenitores y cruza, lo que sugiere amplia variabilidad genética entre progenitores. Resultados similares en gerbera han sido reportados para forma del capítulo, número de tallos por planta, índice de área foliar y número de hojas por planta (Cardoso, *et al.*, 2009; Kumari, *et*

*al.*, 2011; Senapati, *et al.*, 2013). En rendimiento dentro de progenitores, solo uno de ellos (FAS) fue superior significativamente a la media; en tanto que dentro de cruzas, nueve de 15 presentaron valores significativamente superiores a la media. En estas cruzas destacó FAS con mayor número de participaciones como progenitor. Similarmente en la variable diámetro de capítulo, dentro de progenitores, solo el progenitor IGL fue superior significativamente a la media, en tanto que dentro de cruzas, casi la mitad (7 de quince) fueron superiores significativamente a la media, destacando JES como el progenitor con intervención en más cruzas. En la variable vida de florero, cuatro de los seis progenitores mostraron valores superiores y significativos a la media, sin embargo en las cruzas solo dos de las 15 (DIN X IGL y MG2 X IGL) fueron superiores significativamente a la media. Los resultados sugieren que el carácter vida de florero es controlado por pocos genes. La altura de planta en la mayoría de los progenitores fue superior significativamente a la media; no obstante, en las cruzas solo cuatro de 15 fueron estadísticamente superiores. Los resultados anteriores indican que los progenitores participantes en cruzas sobresalientes pueden ser utilizados en programas desarrollo de híbridos intervarietales o nuevas líneas con uno o más de los atributos medidos. Adicionalmente también hubo cruzas específicas que hasta en tres de las variables evaluadas mostraron valores superiores a su respectiva media (JES X ALC, ALC X IGL y MG2 X IGL) (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Medias de Rendimiento, vida en florero, diámetro de capítulo y altura de pedúnculo de progenitores e híbridos F<sub>1</sub> de gerbera.

| PROGENITORES | RENDIMIENTO<br>Tallos·m <sup>-2</sup> ·mes <sup>-1</sup> | VIDA DE FLORERO<br>días | DIÁMETRO DE | ALTURA DE |
|--------------|--|-------------------------|-------------|-----------|
|              |  |                         | CAPÍTULO    | PLANTA    |
|              |  |                         | cm          |           |
| FAS          | 22.21*   | 13.96**                 | 11.29       | 64.44**   |
| JES          | 21   | 14.37**                 | 12.07       | 63.31*    |
| ALC          | 21.14  | 13.71**                 | 11.59       | 63.25*    |
| DIN          | 20.62  | 12.5                    | 11.82       | 63.06     |
| MG2          | 20.71  | 12.92*                  | 11.94       | 63.41*    |
| IGL          | 20.04  | 12.75                   | 12.23**     | 66.16**   |
| Cruzas       |  |                         |             |           |
| FAS X JES    | 24.2**   | 12.45                   | 11.98       | 63.18     |
| FAS X ALC    | 21.99  | 12.38                   | 12.27**     | 62.98     |
| FAS X DIN    | 22.34**  | 12.32                   | 12.09*      | 60.78     |
| FAS X MG2    | 22.6**   | 11.92                   | 11.92       | 62.03     |
| FAS X IGL    | 22.3**   | 11.94                   | 11.94       | 61.42     |
| JES X ALC    | 22.46**  | 13.05                   | 12.32**     | 64.03**   |
| JES X DIN    | 22.19*   | 12.72                   | 12.72**     | 61.03     |
| JES X MG2    | 21.74  | 12.46                   | 12.46**     | 63.01     |
| JES X IGL    | 21.22  | 10.63                   | 10.63       | 60.93     |
| ALC X DIN    | 22.12*   | 11.96                   | 11.5        | 64.97**   |
| ALC X MG2    | 20.89  | 11.3                    | 11.3        | 60.95     |
| ALC X IGL    | 23.47**  | 12.55                   | 12.49**     | 66.23**   |
| DIN X MG2    | 22.22*   | 11.2                    | 11.2        | 60.53     |
| DIN X IGL    | 22.35**  | 14.95**                 | 12          | 63.23*    |
| MG2 X IGL    | 21.45  | 13.39**                 | 13.39**     | 60.93     |
| μ            | 21.87  | 12.64                   | 11.96       | 62.85     |
| ES           | 0.21   | 0.23                    | 0.13        | 0.38      |

μ= media; ES= error estándar; \* mayor que μ+ES, \*\* mayor que μ+2ES.

El análisis de varianza del dialélico detectó diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) en las fuentes de variación de las cuatro variables evaluadas donde se involucraron los progenitores y las cruzas directas y recíprocas. Las diferencias altamente significativas en la interacción progenitores x cruzas revelaron en algunos casos, efectos heteróticos de las

cruzas particularmente para la variable de rendimiento; sin embargo, en la variable vida de florero, el comportamiento de la mayoría de los progenitores fue superior a casi todas las cruzas. Las diferencias altamente significativas en la interacción cruzas directas x cruzas recíprocas, sugieren efectos maternos por herencia citoplásmica u otra influencia del progenitor femenino (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico de seis progenitores de gerbera y sus cruzas directas y recíprocas.

| Fuente de variación         | G.L. | Ro       | VF        | DC       | AP        |
|-----------------------------|------|----------|-----------|----------|-----------|
| Bloques                     | 3    | 1.57*    | 0.18*     | 0.37**   | 0.65**    |
| Progenitores                | 5    | 2.05**   | 2.22**    | 0.47**   | 14.77**   |
| Cruzas directas             | 14   | 2.68**   | 4.51**    | 1.81**   | 11.81**   |
| Cruzas recíprocas           | 14   | 4.58**   | 6.95**    | 2.07**   | 13.47**   |
| Progenitores y cruzas       | (35) | 4.07**   | 5.50**    | 1.64**   | 12.16**   |
| Progenitores x Cruzas       | 1    | 586.01** | 2200.99** | 128.60** | 2702.43** |
| C. directas x C. recíprocas | 1    | 52.85**  | 0.71**    | 4.97**   | 15.46**   |
| Error                       | 175  | 0.41     | 0.06      | 0.03     | 0.09      |
| Total                       | 213  |          |           |          |           |
| C.V.                        |      | 2.94     | 1.88      | 1.50     | 0.49      |

G.L. = Grados de libertad; Ro = Rendimiento, VF = Vida en florero, DC = Diámetro de capítulo, AP = Altura de pedúnculo, C.V.: Coeficiente de variación. \* = significativo a 0,05 de probabilidad; \*\* = significativo a 0,01 de probabilidad.

Los efectos de la ACG presentaron valores altamente significativos en las variables de rendimiento y vida de florero, lo que indica la importancia relativa de la acción génica aditiva sobre los efectos no aditivos en dichas variables. En casos donde los efectos de la ACG es mayor a los de la ACE, es recomendable hacer selección de genotipos con dichas cualidades y utilizar al menos a uno como progenitor en programas de cruzas simples, ya que de acuerdo y Reyes, *et al.*, (2004), una craza simple con al menos uno de sus



progenitores con alta ACG puede garantizar altos valores en el carácter afectado. Valores significativos de ACG en componentes de rendimiento también han sido reportados para gerbera (Harding, *et al.*, 1981b) y otros cultivos como girasol (*Helianthus annuus* L.) (González, *et al.*, 2012), tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) (Camposeco *et al.*, 2015), chile (*Capsicum* sp) (Gomide, *et al.*, 2003) y maíz (*Zea mays* L.) (Reyes, *et al.*, 2004), lo que demuestra que la acción génica aditiva constituye uno de los componentes genéticos más importante del rendimiento en diferentes especies. Contrariamente, Sánchez, *et al.*, (2011) en calabacita (*Cucurbita pepo* L), reporta que la acción génica no aditiva fue más importante en componentes del rendimiento de frutos por planta, largo de fruto y rendimiento por planta (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Cuadrados medios del análisis de varianza para ACG y la ACE de progenitores y cruzas de gerbera para rendimiento, vida en florero, diámetro de capítulo y altura de pedúnculo.

| Fuente de variación | G.L. | Ro     | VF     | DC     | AP       |
|---------------------|------|--------|--------|--------|----------|
| Bloques             | 3    | 0.87   | 0.05   | 0.07   | 44.37    |
| ACG.                | 5    | 6.40** | 4.22** | 7.06   | 247.44   |
| ACE.                | 9    | 0.61   | 4.69** | 6.74** | 265.50** |
| Error               | 42   | 1.00   | 0.03   | 0.03   | 64.99    |
| Total               | 59   |        |        |        |          |

G.L. = Grados de libertad; Ro = Rendimiento; VF = Vida en florero (días). DC = Diámetro de capítulo (cm). AP = Altura de pedúnculo (cm). ACG. = Aptitud combinatorio general; ACE. = Aptitud combinatoria específica. \* = significativo a 0,05 de probabilidad; \*\* = significativo a 0,01 de probabilidad.

Por otra parte, los efectos de ACE mostraron valores altamente significativos en las variables vida de florero, diámetro de capítulo y altura de pedúnculo, lo que da importancia a desviaciones de la varianza aditiva como dominancia, sobredominancia o epistasia y sugieren un efecto complementario de progenitores en particular involucrados en las cruzas

sobresalientes en dichas variables que pudieran ser utilizadas específicamente como nuevas líneas. En estos casos, hibridaciones con progenitores específicos resultarían de utilidad para mejorar el carácter e incluso para generar más variabilidad genética. Resultados de ACE en *H. annuus*, especie familiar de gerbera, mostraron valores estadísticamente significativos para altura de la planta (Laureti, *et al.*, 2001). De acuerdo con Cervantes, *et al.*, (2011), es recomendable aprovechar primero la varianza genética aditiva por selección de progenitores con buena ACG y después la varianza no aditiva por hibridación para cruza con buena ACE, sin embargo, esto depende de la proporción que representa la varianza aditiva y la de dominancia de la población estudiada, respecto a la variación genética total (Reyes, *et al.*, 2004). Aunque en un programa de mejoramiento genético dependiendo de los objetivos específicos, se pueden considerar tanto los efectos de ACG como los efectos de ACE.

La estimación de los efectos de ACG de los progenitores solo mostró efectos positivos y significativos para rendimiento en las variedades FAS, MG2 e IGL, lo que indica que dichas variedades tienen una alta contribución en la expresión del rendimiento en sus progenies, y que los efectos aditivos son los más importantes y por lo tanto pudieran incluirse como progenitores contribuyentes con alelos superiores para rendimiento en programas de desarrollo de nuevas variedades mediante hibridación, cuyo desempeño para un carácter determinado podría verificarse en una evaluación de F<sub>2</sub> (De la Cruz, *et al.*, 2010) (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Efectos de aptitud combinatoria general y específica para rendimiento, vida en florero, diámetro de capítulo y altura de pedúnculo de seis variedades y 15 cruzas de gerbera.

| GENOTIPO                                   | RENDIMIENTO | VIDA EN FLORERO | DIÁMETRO DE CAPÍTULO | ALTURA DE PEDÚNCULO |
|--|-------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| Efectos de aptitud combinatoria general    |             |                 |                      |                     |
| FAS  | 2.49*       | -0.05           | 0.03                 | 2.54                |
| JES  | 1.09        | -0.05           | -0.05                | 8.92                |
| ALC  | 0.57        | -0.05           | 0.07                 | 10.55               |
| DIN  | 0.72        | -0.02           | 0.02                 | 16.14               |
| MG2  | 6.05**      | -0.05           | 0.09                 | 0.24                |
| IGL  | 6.41**      | -0.04           | 0.37                 | 2.56                |
| Efectos de aptitud combinatoria específica |             |                 |                      |                     |
| FAS X JES                                  | 2.54**      | 0.04            | 0                    | 0.45                |
| FAS X ALC                                  | 0.16        | -0.21           | 0.24                 | 1.64                |
| FAS X DIN                                  | 0.56        | 0.1             | -0.01                | -2.28               |
| FAS X MG                                   | 0.36        | -0.7            | -0.03                | -1.65               |
| FAS X IGL                                  | 0.43        | -0.04           | 0.03                 | -1.2                |
| JES X ALC                                  | 0.3         | 0.52            | 0.28                 | 3.06                |
| JES X DIN                                  | 0.09        | 0.56            | 0.6                  | -1.67               |
| JES X MG2                                  | -0.82       | -0.1            | 0.49                 | -0.32               |
| JES X IGL                                  | -0.97       | -1.28           | -1.3                 | -1.34               |
| ALC X DIN                                  | -0.15       | -1.25           | -0.66                | 3.67                |
| ALC X MG                                   | -1.85       | -1.44           | -0.71                | -0.98               |
| ALC X IGL                                  | 1.11*       | 0.44            | 0.52                 | 5.36                |
| DIN X MG2                                  | -0.47       | -1.16           | -0.88                | -3.12               |
| DIN X IGL                                  | 0.04        | 3.23**          | -0.05                | 0.64                |
| MG2 X IGL                                  | -1.33       | 1.27            | 1.5                  | -2.28               |

\*= significativo a 0,05 de probabilidad; \*\* = significativo a 0,01 de probabilidad.

Para efectos de la ACE las mejores cruzas con valores positivos y significativos fueron FAS X JES y ALC X IGL para rendimiento y DIN X IGL para vida de florero. De los seis progenitores que intervienen en las cruzas, FAS e IGL mostraron efectos positivos y significativos de ACG, donde IGL repitió en dos cruzas tanto para rendimiento como para vida de florero. Aun cuando los efectos de la ACG de los seis progenitores, en vida de

florero, fueron negativos se obtuvieron efectos positivos de la ACE en siete de las 15 cruzas. Resultados similares ya han sido reportados en maíz (Guillen-De la Cruz *et al.*, 2009). Sin embargo, Harding, *et al.*, (1981), reportan heredabilidades bajas en sentido estrecho para este caracter en las misma especie, lo que sugiere avance lento en la mejora de este caracter. No hubo valores significativos para diámetro de capítulo ni para altura de pedúnculo. Las cruzas que presentaron efectos con valores positivos en las cuatro variables evaluadas fueron JES X ALC y ALC X IGL.

La estimación de la heterosis para rendimiento indicó un efecto aditivo de las variedades en 14 de las 15 cruzas, a excepción de FAS X DIN cuyo valor fue negativo muy próximo a cero. Destaca para esta variable el progenitor IGL que participó en cinco (FAS X IGL, JES X IGL, ALC X IGL, DIN X IGL y MG2 X IGL) de las siete cruzas con mayor valor heterótico denotándolo como un progenitor superior, que de acuerdo a De la Cruz, *et al.* (2010) desde el punto de vista comercial pudiera ser de gran importancia por el vigor híbrido generado. En diámetro de capítulo 10 de las 15 cruzas mostraron efecto aditivo de heterosis de los progenitores involucrados, donde el progenitor FAS destaca también como un progenitor superior que participo en las tres cruzas con mayor valor heterótico (FAS X ALC, FAS X DIN y FAS X MG2). Sin embargo, en las variables vida de florero y altura de pedúnculo no hubo efecto aditivo, con valores negativos en todas las cruzas, excepto la cruza DIN X IGL, lo que sugiere desviaciones de aditividad en combinaciones híbridas varietales específicas (Cuadro 13).

**Cuadro 13.** Heterosis de 15 cruzas con respecto al promedio de progenitores para para rendimiento (Ro), vida en florero, diámetro de capítulo y altura de pedúnculo.

| CRUZA            | RENDIMIENTO | VIDA DE | DIÁMETRO    | ALTURA DE |
|------------------|-------------|---------|-------------|-----------|
|                  |             | FLORERO | DE CAPÍTULO | PEDÚNCULO |
| (% de Heterosis) |             |         |             |           |
| FAS X JES        | 5.07        | 18.80   | -3.53       | -1.73     |
| FAS X ALC        | 1.26        | 11.05   | 7.06        | -3.60     |
| FAS X DIN        | -0.39       | -6.53   | 6.03        | -3.88     |
| FAS X MG2        | 7.76        | -0.80   | 7.27        | -0.09     |
| FAS X IGL        | 9.33        | -8.13   | 4.17        | -1.31     |
| JES X ALC        | 5.26        | -9.18   | 3.16        | -0.90     |
| JES X DIN        | 2.92        | -7.21   | 4.37        | -3.52     |
| JES X MG2        | 3.63        | -9.33   | 3.06        | -2.64     |
| JES X IGL        | 10.09       | -7.13   | -2.85       | -2.76     |
| ALC X DIN        | 3.51        | -5.59   | 5.70        | -2.32     |
| ALC XMG2         | 3.10        | -2.17   | -1.42       | -1.94     |
| ALC X IGL        | 9.88        | 10.81   | -1.10       | -0.80     |
| DIN X MG2        | 8.52        | 12.85   | -6.76       | -3.25     |
| DIN X IGL        | 8.80        | 8.74    | 0.70        | -0.98     |
| MG2 X IGL        | 6.73        | -1.27   | 3.64        | -3.48     |

El gradiente de heterosis en el rendimiento que oscilo de -0.39 a 10.09 % sugiere un gradiente de divergencia genética entre los progenitores, que de acuerdo a Romero, *et al.*, (2002) a mayor heterosis mayor divergencia genética, aunque también destaca que la ausencia de heterosis no necesariamente infiere falta de divergencia. De igual manera, Gutiérrez, *et al.*, 2002; reportan que la diferencia entre los valores de ACG y ACE aumenta a medida que la divergencia genética de los materiales se incrementa. En tres de las

cruzas con el menor valor heterótico participo DIN como progenitor, lo que sugiere que éste con los otros progenitores involucrados pudiera compartir alelos comunes para el rendimiento de gerbera.

### 7.3 Artículo

Aptitud combinatoria y heterosis en variedades de gerbera

Rivera-Colín, Azucena; Mejía-Carranza, Jaime; Vázquez-García, Luis Miguel y Urbina-Sánchez, Elizabeth

Centro Universitario Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México. Km 1.5 Carretera Tenancingo - Villa Guerrero, Tenancingo, Estado de México. C.P. 52400.

Aptitud combinatoria y heterosis en variedades de gerbera

Número total de figuras: 0

Número total de cuadros: 6

Datos autor de correspondencia:

Autor de correspondencia: Jaime Mejía Carranza.

Dirección postal: Centro Universitario UAEM Tenancingo, Km 1.5 Carretera Tenancingo-Villa

Guerrero, Tenancingo, Estado de México, Méx. Tel: (714) 1461487

C: P. 52400

Correo electrónico: [jmejiaac@uaemex.mx](mailto:jmejiaac@uaemex.mx) , [mejia\\_15@hotmail.com](mailto:mejia_15@hotmail.com)

El sistema operativo es Windows 8.1, Documento de Microsoft Word 2013 (.docx).

Aptitud combinatoria y heterosis en variedades de gerbera

Combining ability and heterosis in gerbera varieties



## RESUMEN

Cultivos en México como la gerbera (*Gerbera x hybrida* Hort) con un número considerable de variedades, pueden ser evaluados mediante experimentos de cruzas dialélicas para la producción de nuevos híbridos. El objetivo de la presente investigación fue estimar la aptitud combinatoria general (ACG) de 6 variedades de gerbera y la aptitud combinatoria específica (ACE) de sus cruzas dialélicas, así como la heterosis en variables de rendimiento y calidad de flores. Se empleó el método de efectos aleatorios de Griffing en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El análisis dialélico indicó diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) dentro y entre progenitores y cruzas así como en interacciones, lo que denotó amplia variabilidad entre progenitores y efectos maternos por herencia citoplásmica. Los mayores efectos significativos de ACG ( $p \leq 0.01$ ) para rendimiento de tallos florales lo tuvieron los progenitores IGL, MG2 y FAS, mientras que los mayores efectos de ACE lo mostraron las cruzas FAS X JES, ALC X IGL y DIN X IGL. Se encontraron efectos positivos de heterosis en rendimiento con las cruzas FAS X IGL, JES X IGL, ALC X IGL, DIN X IGL y MG2 X IGL y FAS X MG2. Los resultados sugieren a IGL y FAS como progenitores superiores que pueden ser utilizados en programas de cruzamiento para desarrollo de nuevas variedades de gerbera.

Palabras clave: *Gerbera x hybrida*, cruzas dialélicas, aptitud combinatoria general, aptitud combinatoria específica.

## ABSTRACT

Crops such as gerbera (*Gerbera x hybrida* Hort) with a significant number of cultivated varieties in Mexico can be evaluated by means of diallel crosses experiments to decide the development of new hybrids. The objective of this research was to estimate the general combining ability (GCA) of six varieties of gerbera and the specific combining ability (SCA) of their diallel crosses, as well as the heterosis in variables of yield and quality of flowers. The Griffing method 2 of random effects was carried out in a complete randomized blocks design with four replications. Diallel analysis indicated significant differences ( $P \leq 0.01$ ) within and between parents and crosses as well as interactions that denoted a wide variability between parents and maternal effects by cytoplasmic inheritance. The more significant effects of GCA ( $p \leq 0.01$ ) for yield of floral stems were in the parental varieties IGL, MG2 and FAS; while for ACE, the crosses FAS X JES, ALC X IGL and DIN X IGL showed the greatest effects. Positive effects of heterosis were found in performance with the crosses FAS X IGL, JES X IGL, ALC X IGL, DIN X IGL and MG2 X IGL and FAS X MG2. The results suggest that IGL and FAS as superior parents can be used in crossing programs for developing new varieties of gerbera.

Keywords: *Gerbera x hybrida*, diallel crosses, general combining ability and specific combining ability.

## INTRODUCCIÓN

La floricultura en México con más de 200 especies cultivadas demanda una fuerte inversión principalmente para la adquisición de material vegetativo, del cual las nuevas variedades son casi en su totalidad desarrolladas por empresas extranjeras (Gómez-Gómez, 2010). Particularmente, el cultivo de gerbera (*Gerbera x hybrida* Hort) demanda hasta el 80% de inversión para la adquisición de material vegetativo, el cual es desarrollado principalmente por hibridación, técnica iniciada en esta especie desde hace más de 100 años por Robert Jameson con las especies *Gerbera jamesonii* Bolus y *Gerbera viridifolia* Sch., (Muceniece, *et al.*, 1978; Harding *et al.*, 1981; Singh, *et al.*, 2011). Una alternativa para disminuir los costos de producción de gerbera es utilizar la variabilidad genética existente, prerequisite indispensable en un programa de mejoramiento genético, que permita desarrollar materiales propios que reduzcan los gastos de importación (Cantor & Lenuta, 2006). En este sentido, el uso de estrategias como la aptitud combinatoria con la medición de parámetros genéticos permiten la identificación de progenitores y cruzamientos superiores (Sprague & Tatum, 1942). La Aptitud Combinatoria General (ACG) y la aptitud combinatoria específica (ACE) miden el comportamiento de líneas parentales y su desempeño en combinaciones de híbridos respectivamente (Sprague & Tatum, 1942). La ACG se considera asociada a la acción génica de tipo aditivo y la ACE a la de tipo no aditivo (Griffing, 1956). En este sentido, la ACG y la ACE pueden ser evaluadas mediante un sistema de cruzamiento dialélico en el que se realizan todos los posibles cruzamientos entre varios genotipos (Hayman, 1954; Griffing, 1956; Kempthorne, 1956; Dickinson y Jinks, 1956). Se han propuesto diferentes métodos para el análisis de diseños dialélicos (Hayman, 1954; Griffing, 1956; Kempthorne, 1956) de los cuales se distinguen cuatro métodos experimentales de cruces dialélicos, mismos que varían dependiendo de la inclusión o no de las autofecundaciones y los cruces recíprocos de las primeras generaciones filiales ( $F_1$ ) durante la evaluación: (1) progenitores e híbridos

F<sub>1</sub> directos y recíprocos; (2) progenitores e híbridos F<sub>1</sub> directos; (3) híbridos F<sub>1</sub> directos y recíprocos; y (4) híbridos directos F<sub>1</sub>. Además se plantea la existencia de dos modelos, el modelo I de efectos fijos y el modelo II de efectos aleatorios (Griffing, 1956). Otro aspecto importante al desempeño de progenitores es el efecto heterótico de superioridad que éstos puedan expresar en sus híbridos para ser utilizado agrónomicamente (Gutiérrez *et al.*, 2002). De acuerdo a la gaceta oficial de los derechos de obtentor de variedades vegetales (SNICS, 2014) se tienen para gerbera 47 solicitudes de registro de nuevas variedades y considerando las que ya cuentan con un título de obtentor y las de dominio público se estima un poco más de 100 variedades en el mercado mexicano, las cuales representan una fuente de variabilidad genética que pudiera ser aprovechada en hibridación para el desarrollo de nuevos materiales. El objetivo de la presente investigación fue estimar las ACG y ACE de 6 variedades de gerbera y de sus cruzas dialélicas respectivamente, así como la heterosis en variables de rendimiento y calidad de flores.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron seis variedades de gerbera preseleccionadas por estabilidad, calidad y rendimiento (Cuadro 1), las cuales fueron cultivadas en las instalaciones de la empresa Servicios Integrales de Horticultura Ornamental S.A. de C.V., ubicada a 18° 54' 58'' N y 99° 38' 37'' O en Villa Guerrero, Estado de México. Los cruzamientos se hicieron entre progenitores femeninos con anteras inmaduras y progenitores masculinos con antesis completa y polen abundante. El capítulo del progenitor femenino fue emasculado y polinizado con el progenitor masculino y cubierto con bolsas de pellón para evitar contaminación con polen extraño. Las semillas F<sub>1</sub> cosechadas a madurez fisiológica fueron sembradas en charolas de germinación con sustrato de peat moos y agrolita 2:1 (v/v) hidratado al 100%, y mantenidas a temperatura de 21±3 °C y humedad de 70%. Se colocó una semilla por cada cavidad y las plántulas obtenidas se preseleccionaron por crecimiento vigoroso con formación de tres o más pares de hojas verdaderas (Leffring, 1973) para pruebas de clonación por cultivo de tejidos *in vitro* y posterior selección de las cruzas con buena capacidad organogénica, criterio importante en la propagación comercial. Plántulas de 20 cm de altura de cada una de los híbridos seleccionados se trasplantaron a macetas de 20 L con 40 % de tezontle rojo en la base y 60 % de la mezcla peat moos-agrolita 2:1 (v/v) en la parte superior. Las macetas se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue una planta. Se midieron las variables rendimiento (tallos florales/m<sup>2</sup>); altura del pedúnculo (cm), desde su base hasta el receptáculo del capítulo; diámetro del capítulo completamente abierto (cm), medido ecuatorialmente a borde de lígulas; vida en florero a temperatura ambiente en una solución de 40 ppm de NaClO, medida en días de acuerdo a la presencia de pistilos con polen abundante del exterior al interior del disco y conservación de turgencia, forma y color de capítulos (Borghi & Baldi, 1970; De Jong, 1978). Se realizó un análisis de varianza y un análisis genético, usando el modelo II de efectos

aleatorios (Griffing, 1956) para estimar los efectos de ACG y ACE de los progenitores y las cruzas resultantes de  $p(p-1)/2$  combinaciones, respectivamente. El análisis estadístico se hizo con el programa de cómputo InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2011). Las estimaciones de heterosis (H) se realizaron con base en la fórmula  $H = ((F_1 - VPM) / VPM) \times 100$ , donde:  $F_1$  fue el valor promedio de la craza y VPM fue el valor promedio de los progenitores (Reyes, 1985). Para obtener las significancias estadísticas entre los porcentajes de heterosis obtenidos por las cruzas, se realizó un análisis de varianza para cada variable y donde hubo diferencias se utilizó la prueba de comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ). En base a la proporción relativa de los cuadrados medios de los efectos de ACG y ACE, se determinó la contribución relativa de los efectos aditivos y no aditivos de las variables en estudio. Los efectos de ACG y ACE se probaron usando la prueba de comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Los valores superiores de las medias de progenitores y cruzas de las variables en estudio fueron aquellas que superaron al valor promedio de las media más el error estándar ( $\mu + ES$ ). Como criterio de selección de las mejores cruzas se utilizó el valor del rendimiento superior a la media del mismo carácter más su error estándar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desempeño de los progenitores y cruzas representado en sus medias fue variable y con diferencias significativas en los parámetros medidos tanto dentro, como entre progenitores y cruzas (Cuadro 2), lo que sugiere amplia variabilidad genética entre progenitores. Resultados similares en gerbera han sido reportados para forma del capítulo, número de tallos por planta, índice de área foliar y número de hojas por planta (Cardoso *et al.*, 2009; Kumari *et al.*, 2011; Senapati *et al.*, 2013). En rendimiento dentro de progenitores, solo uno de ellos (FAS) fue superior significativamente a la media; en tanto que dentro de cruzas, nueve de 15 presentaron valores significativamente superiores a la media. En estas cruzas destacó FAS con mayor número de participaciones como progenitor. Similarmente en la variable diámetro de capítulo, dentro de progenitores, solo el progenitor IGL fue superior significativamente a la media, en tanto que dentro de cruzas, casi la mitad (7 de quince) fueron superiores significativamente a la media, destacando JES como el progenitor con intervención en más cruzas. En la variable vida de florero, cuatro de los seis progenitores mostraron valores superiores y significativos a la media, sin embargo en las cruzas solo dos de las 15 (DIN X IGL y MG2 X IGL) fueron superiores significativamente a la media. Los resultados sugieren que el carácter vida de florero es controlado por pocos genes. La altura de planta en la mayoría de los progenitores fue superior significativamente a la media; no obstante, en las cruzas solo cuatro de 15 fueron estadísticamente superiores. Los resultados anteriores indican que los progenitores participantes en cruzas sobresalientes pueden ser utilizados en programas desarrollo de híbridos intervarietales o nuevas líneas con uno o más de los atributos medidos. Adicionalmente también hubo cruzas específicas que hasta en tres de las variables evaluadas mostraron valores superiores a su respectiva media (JES X ALC, ALC X IGL y MG2 X IGL).

El análisis de varianza del dialélico detectó diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ) en las fuentes de variación de las cuatro variables evaluadas donde se involucraron los progenitores y las cruzas directas y recíprocas (Cuadro 3). Las diferencias altamente significativas en la interacción progenitores x cruzas revelaron en algunos casos, efectos heteróticos de las cruzas particularmente para la variable de rendimiento; sin embargo, en la variable vida de florero, el comportamiento de la mayoría de los progenitores fue superior a casi todas las cruzas. Las diferencias altamente significativas en la interacción cruzas directas x cruzas recíprocas, sugieren efectos maternos por herencia citoplásmica u otra influencia del progenitor femenino.

Los efectos de la ACG presentaron valores altamente significativos en las variables de rendimiento y vida de florero (Cuadro 4), lo que indica la importancia relativa de la acción génica aditiva sobre los efectos no aditivos en dichas variables. En casos donde los efectos de la ACG es mayor a los de la ACE, es recomendable hacer selección de genotipos con dichas cualidades y utilizar al menos a uno como progenitor en programas de cruzas simples, ya que de acuerdo y Reyes *et al.*, (2004), una craza simple con al menos uno de sus progenitores con alta ACG puede garantizar altos valores en el carácter afectado. Valores significativos de ACG en componentes de rendimiento también han sido reportados para gerbera (Harding *et al.*, 1981b) y otros cultivos como girasol (*Helianthus annuus* L.)(González *et al.*, 2012), tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) (Camposeco-Montejo *et al.*, 2015), chile (*Capsicum* sp) (Gomide *et al.*, 2003) y maíz (*Zea mays* L.) (Reyes *et al.*, 2004), lo que demuestra que la acción génica aditiva constituye uno de los componentes genéticos más importante del rendimiento en diferentes especies. Contrariamente, Sánchez-Hernández *et al.*, (2011) en calabacita (*Cucurbita pepo* L), reporta que la acción génica no aditiva fue más importante en componentes del rendimiento de frutos por planta, largo de fruto y rendimiento por planta.



Por otra parte, los efectos de ACE mostraron valores altamente significativos en las variables vida de florero, diámetro de capítulo y altura de pedúnculo, lo que da importancia a desviaciones de la varianza aditiva como dominancia, sobredominancia o epistasis y sugieren un efecto complementario de progenitores en particular involucrados en las cruzas sobresalientes en dichas variables que pudieran ser utilizadas específicamente como nuevas líneas. En estos casos, hibridaciones con progenitores específicos resultarían de utilidad para mejorar el carácter e incluso para generar más variabilidad genética. Resultados de ACE en *H. annuus*, especie familiar de gerbera, mostraron valores estadísticamente significativos para altura de la planta (Laureti y Del gatto, 2001). De acuerdo con Cervantes-Ortiz *et al.*, (2011), es recomendable aprovechar primero la varianza genética aditiva por selección de progenitores con buena ACG y después la varianza no aditiva por hibridación para cruzas con buena ACE, sin embargo, esto depende de la proporción que representa la varianza aditiva y la de dominancia de la población estudiada, respecto a la variación genética total (Reyes *et al.*, 2004). Aunque en un programa de mejoramiento genético dependiendo de los objetivos específicos, se pueden considerar tanto los efectos de ACG como los efectos de ACE.

La estimación de los efectos de ACG de los progenitores solo mostró efectos positivos y significativos para rendimiento en las variedades FAS, MG2 e IGL (Cuadro 5) lo que indica que dichas variedades tienen una alta contribución en la expresión del rendimiento en sus progenies, y que los efectos aditivos son los más importantes y por lo tanto pudieren incluirse como progenitores contribuyentes con alelos superiores para rendimiento en programas de desarrollo de nuevas variedades mediante hibridación, cuyo desempeño para un carácter determinado podría verificarse en una evaluación de F<sub>2</sub> (De la Cruz-Lázaro *et al.*, 2010).

Para efectos de la ACE las mejores cruzas con valores positivos y significativos fueron FAS X JES y ALC X IGL para rendimiento y DIN X IGL para vida de florero. De los seis progenitores que

intervienen en las cruzas, FAS e IGL mostraron efectos positivos y significativos de ACG, donde IGL repitió en dos cruzas tanto para rendimiento como para vida de florero. Aun cuando los efectos de la ACG de los seis progenitores, en vida de florero, fueron negativos se obtuvieron efectos positivos de la ACE en siete de las 15 cruzas. Resultados similares ya han sido reportados en maíz (Guillen-De la Cruz *et al.*, 2009). Sin embargo, Harding *et al.* (1981), reportan heredabilidades bajas en sentido estrecho para este carácter en la misma especie, lo que sugiere avance lento en la mejora de este carácter. No hubo valores significativos para diámetro de capítulo ni para altura de pedúnculo. Las cruzas que presentaron efectos con valores positivos en las cuatro variables evaluadas fueron JES X ALC y ALC X IGL.

La estimación de la heterosis para rendimiento indicó un efecto aditivo de las variedades en 14 de las 15 cruzas, a excepción de FAS X DIN cuyo valor fue negativo muy próximo a cero (Cuadro 6). Destaca para esta variable el progenitor IGL que participó en cinco (FAS X IGL, JES X IGL, ALC X IGL, DIN X IGL y MG2 X IGL) de las siete cruzas con mayor valor heterótico denotándolo como un progenitor superior, que de acuerdo a De la Cruz-Lázaro *et al.* (2010) desde el punto de vista comercial pudiera ser de gran importancia por el vigor híbrido generado. En diámetro de capítulo 10 de las 15 cruzas mostraron efecto aditivo de heterosis de los progenitores involucrados, donde el progenitor FAS destaca también como un progenitor superior que participo en las tres cruzas con mayor valor heterótico (FAS X ALC, FAS X DIN y FAS X MG2). Sin embargo, en las variables vida de florero y altura de pedúnculo no hubo efecto aditivo, con valores negativos en todas las cruzas, excepto la craza DIN X IGL, lo que sugiere desviaciones de aditividad en combinaciones híbridas varietales específicas.

El gradiente de heterosis en el rendimiento que oscilo de -0.39 a 10.09 % sugiere un gradiente de divergencia genética entre los progenitores, que de acuerdo a Romero *et al.* (2002) a mayor heterosis

mayor divergencia genética, aunque también destaca que la ausencia de heterosis no necesariamente infiere falta de divergencia. De igual manera, Gutiérrez *et al.* (2002) reportan que la diferencia entre los valores de ACG y ACE aumenta a medida que la divergencia genética de los materiales se incrementa. En tres de las cruzas con el menor valor heterótico participo DIN como progenitor, lo que sugiere que éste con los otros progenitores involucrados pudiera compartir alelos comunes para el rendimiento de gerbera.

## CONCLUSIONES

El desempeño de los progenitores y cruzas en el análisis dialélico sugiere amplia variabilidad genética entre progenitores, con valores altamente significativos de ACG para rendimiento, lo que indica la importancia relativa de la acción génica aditiva sobre los efectos no aditivos en dicha variable. Valores altamente significativos de ACE en vida de florero, diámetro de capítulo y altura de pedúnculo dan importancia a la varianza genética no aditiva que pudo manifestarse en cruzas específicas y los valores positivos de heterosis, denotando a algunas variedades como progenitores superiores que desde el punto de vista comercial pudiera ser de gran importancia por el vigor híbrido generado.

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo financiero prestado y a la empresa Servicios Integrales de Horticultura Ornamental S.A. de C.V., por las facilidades prestadas para la realización del trabajo experimental.

## REFERENCIAS

- Borghi, B. & V. Baldi. (1970). Variabilita tra cloni di gerbera allevati (*Gerbera jamesonii*) in diverse condiziona ambientali. *Sementi elette* 16 (6): 25-32.
- Camposeco-Montejo, N., V. Robledo-Torres, L. A. Valdez-Aguilar, F. Ramírez-Godina, R. Mendoza-Villareal y A. Benavides-Mendoza. (2015). Estimación de la aptitud combinatoria en poblaciones de tomate de cascara. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6 (3): 437-451.
- Cantor, M. & C. Lenuta. (2006). Breeding of Gerbera hybrida at the fruit research station Cluj. Buletin USAMV-CN, 63/2006(-). University of Agricultural Sciences and Veterinary medicine. Romania.
- Cardoso, R. D. L., M. F. Granado, S. MS-Basso, I. M. Segeren, S. M. Augustin & M. Suzin. (2009). Caracterizacao citogenética, viabilidade de pólen e hibridacao artificial em gébera. *Horticultura Brasileira* 27(1):40-44.
- Cervantes-Ortiz, F., G. García-de los Santos, A. Carballo-Carballo, D. Bergvinson, J. L. Crossa, M. Mendoza-Elos y E. Moreno-Martínez. (2011). Estimación de efectos genéticos relacionados con el vigor de la semilla y de la plántula en maíces tropicales mexicanos. *Phyton, International Journal of Experimental Botany* 80(1): 19-26.
- De Jong, J. (1978). Dry storage and subsequent recovery of cut gerbera flowers as an aid in selection for longevity. *Scientia Horticulturae* 9(4): 389-397.
- De la Cruz-Lázaro, E., G. Castañón-Najera, N. P. Brito-Manzano, A. Gómez-Vázquez, V. Robledo-Torres & A. J. Lozano-del Río (2010). Heterosis y aptitud combinatoria de poblaciones de maíz tropical. *Phyton, International Journal of Experimental Botany* 79: 11-17.
- Dickinson, A.C & J. L Jinks. (1956). A generalized analysis of diallel crosses. *Genetics* 41(1):65-78.

- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C.W. Robledo. (2011). Infostat: Programa de cómputo. Versión 24-03-2011. Universidad Nacional de Córdoba. Cordoba, Argentina.
- Gomide, M. L., W. R. Maluf & L. A. A. Gomes. (2003). Heterose e capacidade combinatória de linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Ciência e agrotecnologia*, 27(5): 1007-1015.
- González, J., N. Mancuso, D. Álvarez & P. Ludueña. (2012). Combining ability in sunflowers lines. In: Proceedings of 18th International Sunflower Conference. Mar del Plata, Argentina: 634-638.
- Gómez-Gómez, A. A. (2010). La situación de las flores de corte mexicanas dentro de la política comercial internacional de México. *Tecsiscatl* 2(9):1-30
- Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences* 9: 463-493.
- Guillen-de la Cruz, P., E. de la Cruz-Lázaro, G. Castañon-Najera, R. Osorio-Osorio, N. P. Brito-Manzano, A. Lozano-del Río y U. López-Noverola. (2009). Aptitud combinatoria general y específica de germoplasma tropical de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10(1): 101-107.
- Gutiérrez, del R. E., A. Palomo G., A. Espinosa B. y E. De la Cruz L. (2002). Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 271-277
- Harding, J., T. Byrne & R. L. Nelson. (1981). Heritability of cut-flower base longevity in gerbera. *Euphytica* 30: 653-680.
- Harding, J., T. G. Byrne & R. L. Nelson. (1981b). Estimation of heritability and response to selection for cut-flower yield in gerbera. *Euphytica* 30(2): 313-322.
- Hayman, B. I. (1954). The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39(6): 789-809.
- Kempthorne, O. 1956. The theory of diallel cross. *Genetics* 41: 451-459

- Kumari, A., K. S. Patel & M. Choudhary. (2011). Genetic variability studies in Gerbera. *Research in Plant Biology* 1(5): 1-4.
- Laureti, D. & A. Del Gatto. (2001). General and specific combining ability in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia* 24 (34): 1-16.
- Leffring, L., 1973. Flower production in gerbera. I. Correlations between shoot, leaf and flower formation in seedlings. *Scientia Horticulturae* 1(3): 221-229.
- Muceniece, G., I. D. Rasals & V. Dislers. (1978). Investigation of the inheritance of quantitative characteristics of Gerbera in diallel crosses. I. productivity of the plants. *Soviet genetics* 14: 251-253.
- Reyes, C. P. (1985). Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor, S.A. México. 460p.
- Reyes, L.D., J.D. Molina G., M.A. Oropeza R. y E. Del C. Moreno P. (2004). Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza tuxpeño. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27: 49-56.
- Romero, P.J., G. F. Castillo y P. R. Ortega. (2002). Cruzas de poblaciones nativas de maíz de la raza chalqueño: II. Grupos genéticos, divergencia genética y heterosis. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 107-115.
- Sánchez-Hernández, C., C. Villanueva-Verduzco., J. Sahagún-Castellanos., J. Martínez Solís, J. P. Legaria-Solano, y M. A. Sánchez-Hernández. (2011). Efectos de aptitud combinatoria en híbridos de calabacita tipo Grey Zucchini. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 17(2): 89-103.
- Senapati, A. K., P. Prajapati & A. Singh. (2013). Genetic variability and heritability studies on *Gerbera jamesonii* Bolus. *African Journal of Agricultural Research* 8(41): 5090-5092.
- Singh, S., D. Dhyani, A. Kumar & S. Rajkumar. (2011). Flower color variations in gerbera (*Gerbera jamesonii*) population using image analysis. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 81(12):1130-1136.



Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). (2014). Gaceta Oficial de los derechos de obtentor de las variedades vegetales. SAGARPA. México. (15): 59-60.

Sprague, S. S. & L.A. Tatum. (1942). General vs specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy* 34(10): 923-932.

Cuadro 1. Origen y características de variedades de *Gerbera x híbrida* utilizadas en análisis dialélico.

Table 1. Origin and characteristics of *Gerbera x hybrid* varieties used in a diallel analysis.

| Variedad          | CC | O | Ccap | Cd | Tipo | Ro | VF | DC | AP |
|-------------------|----|---|------|----|------|----|----|----|----|
| Igloo (IGL)       | Tn | H | Bl   | V  | Sm   | 22 | 12 | 12 | 60 |
| Fascination (FAS) | Tn | H | Rs   | N  | Sm   | 20 | 14 | 12 | 60 |
| Alcatraz (ALC)    | Tn | H | Rj   | V  | Sm   | 17 | 12 | 11 | 58 |
| Dino (DIN)        | Tn | H | Am   | V  | Sm   | 16 | 10 | 11 | 60 |
| Jessy (JES)       | B  | I | Nr   | N  | Sm   | 17 | 10 | 11 | 60 |
| MG24 (MG2)        | B  | I | Fs   | N  | S    | 17 | 12 | 11 | 58 |

CC (casa comercial: Tn = Terra Nigra, B = Bindisirio); O (origen: H = Holanda, I = Italia); Ccap (color de capítulo: Bl = blanco, Bc= bicolor, Rs = rosa, Nr = naranja, Am = amarillo, Rj = rojo, Fs = fiusha); Cd (color de disco: N = negro, V = verde); Ro = rendimiento (tallos florales/m<sup>2</sup>/mes); VF = vida en florero; DC = diámetro de capítulo; AP = altura de pedúnculo; Tipo de capítulo (S =Sencillo, Sm = semidoble, D = Doble).

Cuadro 2. Medias de Rendimiento (Ro), vida en florero (VF), diámetro de capítulo (DC) y altura de pedúnculo (AP) de progenitores e híbridos F<sub>1</sub> de gerbera.

Table 2. Means of yield (Ro), vase life (VF), diameter of flower (DC) and peduncle height (AP) of parents and F<sub>1</sub> hybrids of gerbera.

| Progenitores  | Ro<br>(tallos/m <sup>2</sup> /mes) | VF<br>(días) | DC<br>(cm) | AP<br>(cm) |
|---------------|------------------------------------|--------------|------------|------------|
| FAS           | 22.21*                             | 13.96**      | 11.29      | 64.44**    |
| JES           | 21                                 | 14.37**      | 12.07      | 63.31*     |
| ALC           | 21.14                              | 13.71**      | 11.59      | 63.25*     |
| DIN           | 20.62                              | 12.5         | 11.82      | 63.06      |
| MG2           | 20.71                              | 12.92*       | 11.94      | 63.41*     |
| IGL           | 20.04                              | 12.75        | 12.23**    | 66.16**    |
| <b>Cruzas</b> |                                    |              |            |            |
| FAS X JES     | 24.2**                             | 12.45        | 11.98      | 63.18      |
| FAS X ALC     | 21.99                              | 12.38        | 12.27**    | 62.98      |
| FAS X DIN     | 22.34**                            | 12.32        | 12.09*     | 60.78      |
| FAS X MG2     | 22.6**                             | 11.92        | 11.92      | 62.03      |
| FAS X IGL     | 22.3**                             | 11.94        | 11.94      | 61.42      |
| JES X ALC     | 22.46**                            | 13.05        | 12.32**    | 64.03**    |
| JES X DIN     | 22.19*                             | 12.72        | 12.72**    | 61.03      |
| JES X MG2     | 21.74                              | 12.46        | 12.46**    | 63.01      |
| JES X IGL     | 21.22                              | 10.63        | 10.63      | 60.93      |
| ALC X DIN     | 22.12*                             | 11.96        | 11.5       | 64.97**    |
| ALC X MG2     | 20.89                              | 11.3         | 11.3       | 60.95      |
| ALC X IGL     | 23.47**                            | 12.55        | 12.49**    | 66.23**    |
| DIN X MG2     | 22.22*                             | 11.2         | 11.2       | 60.53      |
| DIN X IGL     | 22.35**                            | 14.95**      | 12         | 63.23*     |
| MG2 X IGL     | 21.45                              | 13.39**      | 13.39**    | 60.93      |
| μ             | 21.87                              | 12.64        | 11.96      | 62.85      |
| ES            | 0.21                               | 0.23         | 0.13       | 0.38       |

μ= media; ES= error estándar; \* mayor que μ+ES, \*\* mayor que μ+2ES.

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza dialélico de seis progenitores de gerbera y sus cruzas directas y recíprocas.

Table 3. Square means of the diallel analysis of variance of six parents and their direct and reciprocal crosses of gerbera.

| <b>Fuente de variación</b>  | <b>G.L.</b> | <b>Ro</b> | <b>VF</b> | <b>DC</b> | <b>AP</b> |
|-----------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Bloques                     | 3           | 1.57*     | 0.18*     | 0.37**    | 0.65**    |
| Progenitores                | 5           | 2.05**    | 2.22**    | 0.47**    | 14.77**   |
| Cruzas directas             | 14          | 2.68**    | 4.51**    | 1.81**    | 11.81**   |
| Cruzas recíprocas           | 14          | 4.58**    | 6.95**    | 2.07**    | 13.47**   |
| Progenitores y cruzas       | (35)        | 4.07**    | 5.50**    | 1.64**    | 12.16**   |
| Progenitores x Cruzas       | 1           | 586.01**  | 2200.99** | 128.60**  | 2702.43** |
| C. directas x C. recíprocas | 1           | 52.85**   | 0.71**    | 4.97**    | 15.46**   |
| Error                       | 175         | 0.41      | 0.06      | 0.03      | 0.09      |
| Total                       | 213         |           |           |           |           |
| C.V.                        |             | 2.94      | 1.88      | 1.50      | 0.49      |

G.L. = Grados de libertad; Ro = Rendimiento, VF = Vida en florero, DC = Diámetro de capítulo, AP = Altura de pedúnculo, C.V.: Coeficiente de variación. \*= significativo a 0,05 de probabilidad; \*\* = significativo a 0,01 de probabilidad.

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de varianza para ACG y la ACE de progenitores y cruzas de gerbera para rendimiento, vida en florero, diámetro de capítulo y altura de pedúnculo.

Table 4. Mean squares of the analysis of variance for ACG and ACE in parents and crosses of gerbera for yield, vase life, diameter of flower and peduncle height.

| Fuente de variación | G.L. | Ro     | VF     | DC     | AP       |
|---------------------|------|--------|--------|--------|----------|
| Bloques             | 3    | 0.87   | 0.05   | 0.07   | 44.37    |
| ACG.                | 5    | 6.40** | 4.22** | 7.06   | 247.44   |
| ACE.                | 9    | 0.61   | 4.69** | 6.74** | 265.50** |
| Error               | 42   | 1.00   | 0.03   | 0.03   | 64.99    |
| Total               | 59   |        |        |        |          |

G.L. = Grados de libertad; Ro = Rendimiento; VF = Vida en florero (días). DC = Diámetro de capítulo (cm). AP = Altura de pedúnculo (cm). ACG. = Aptitud combinatorio general; ACE. = Aptitud combinatoria específica.\*= significativo a 0,05 de probabilidad; \*\* = significativo a 0,01 de probabilidad.

Cuadro 5. Efectos de aptitud combinatoria general y específica para rendimiento (Ro), vida en florero (VF), diámetro de capítulo (DC) y altura de pedúnculo (AP) de seis variedades y 15 cruzas de gerbera.

Table 5. Effects of the general and specific combining ability for yield (Ro), vase life (VF), diameter of flower (DC) and peduncle height (AP) of 6 varieties and 15 crosses of gerbera.

| Genotipo                                   | Ro     | VF     | DC    | AP    |
|--|--------|--------|-------|-------|
| Efectos de aptitud combinatoria general    |        |        |       |       |
| FAS  | 2.49*  | -0.05  | 0.03  | 2.54  |
| JES  | 1.09   | -0.05  | -0.05 | 8.92  |
| ALC  | 0.57   | -0.05  | 0.07  | 10.55 |
| DIN  | 0.72   | -0.02  | 0.02  | 16.14 |
| MG2  | 6.05** | -0.05  | 0.09  | 0.24  |
| IGL  | 6.41** | -0.04  | 0.37  | 2.56  |
| Efectos de aptitud combinatoria específica |        |        |       |       |
| FAS X JES                                  | 2.54** | 0.04   | 0     | 0.45  |
| FAS X ALC                                  | 0.16   | -0.21  | 0.24  | 1.64  |
| FAS X DIN                                  | 0.56   | 0.1    | -0.01 | -2.28 |
| FAS X MG                                   | 0.36   | -0.7   | -0.03 | -1.65 |
| FAS X IGL                                  | 0.43   | -0.04  | 0.03  | -1.2  |
| JES X ALC                                  | 0.3    | 0.52   | 0.28  | 3.06  |
| JES X DIN                                  | 0.09   | 0.56   | 0.6   | -1.67 |
| JES X MG2                                  | -0.82  | -0.1   | 0.49  | -0.32 |
| JES X IGL                                  | -0.97  | -1.28  | -1.3  | -1.34 |
| ALC X DIN                                  | -0.15  | -1.25  | -0.66 | 3.67  |
| ALC X MG                                   | -1.85  | -1.44  | -0.71 | -0.98 |
| ALC X IGL                                  | 1.11*  | 0.44   | 0.52  | 5.36  |
| DIN X MG2                                  | -0.47  | -1.16  | -0.88 | -3.12 |
| DIN X IGL                                  | 0.04   | 3.23** | -0.05 | 0.64  |
| MG2 X IGL                                  | -1.33  | 1.27   | 1.5   | -2.28 |

\*= significativo a 0,05 de probabilidad; \*\* = significativo a 0,01 de probabilidad.

Cuadro 6. Heterosis (%H) de 15 cruzas con respecto al promedio de progenitores para para rendimiento (Ro), vida en florero (VF), diámetro de capítulo (DC) y altura de pedúnculo (AP).

Table 6. Heterosis (%H) of 15 crosses with respect to the average of parents for yield (Ro), vase life (VF), diameter of flower (DC) and peduncle height (AP).

| Cruza     | Ro    | VF     | DC    | AP    |
|-----------|-------|--------|-------|-------|
|           | (%H)  |        |       |       |
| FAS X JES | 5.07  | -18.80 | -3.53 | -1.73 |
| FAS X ALC | 1.26  | -11.05 | 7.06  | -3.60 |
| FAS X DIN | -0.39 | -6.53  | 6.03  | -3.88 |
| FAS X MG2 | 7.76  | -0.80  | 7.27  | -0.09 |
| FAS X IGL | 9.33  | -8.13  | 4.17  | -1.31 |
| JES X ALC | 5.26  | -9.18  | 3.16  | -0.90 |
| JES X DIN | 2.92  | -7.21  | 4.37  | -3.52 |
| JES X MG2 | 3.63  | -9.33  | 3.06  | -2.64 |
| JES X IGL | 10.09 | -7.13  | -2.85 | -2.76 |
| ALC X DIN | 3.51  | -5.59  | 5.70  | -2.32 |
| ALC X MG2 | 3.10  | -2.17  | -1.42 | -1.94 |
| ALC X IGL | 9.88  | -10.81 | -1.10 | -0.80 |
| DIN X MG2 | 8.52  | -12.85 | -6.76 | -3.25 |
| DIN X IGL | 8.80  | 8.74   | 0.70  | -0.98 |
| MG2 X IGL | 6.73  | -1.27  | 3.64  | -3.48 |

## VIII. CONCLUSIONES GENERALES

Los sistemas de producción semihidropónico y suelo evaluados en esta investigación fueron diferentes estadísticamente en parámetros asociados al rendimiento y calidad del tallo floral.

Las variedades seleccionadas como mejores progenitores fueron : Fascination, Jessy, Alcatraz, Igloo, Dino y Mg24.

El desempeño de los progenitores y cruzas en el análisis dialélico sugiere amplia variabilidad genética entre progenitores, con valores altamente significativos de ACG para rendimiento, lo que indica la importancia relativa de la acción génica aditiva sobre los efectos no aditivos en dicha variable. Valores altamente significativos de ACE en vida de florero, diámetro de capítulo y altura de pedúnculo dan importancia a la varianza genética no aditiva que pudo manifestarse en cruzas específicas y los valores positivos de heterosis, denotando a algunas variedades como progenitores superiores que desde el punto de vista comercial pudiera ser de gran importancia por el vigor híbrido generado.

En rendimiento dentro de progenitores, solo uno de ellos (FAS) fue superior significativamente a la media; entanto que dentro de cruzas, nueve de 15 presentaron valores significativamente superiores a la media. En estas cruzas destacó FAS con mayor número de participaciones como progenitor. Similarmente en la variable diámetro de capítulo, dentro de progenitores, solo el progenitor IGL fue superior significativamente a la media, en tanto que dentro de cruzas, casi la mitad (7 de quince) fueron superiores significativamente a la media, destacando JES como el progenitor con intervención en más cruzas.

En la variable vida de florero, cuatro de los seis progenitores mostraron valores superiores y significativos a la media, sin embargo en las cruzas solo dos de las 15 (DIN X IGL y MG2 X IGL) fueron superiores significativamente a la media. Los resultados sugieren que el carácter vida de florero es controlado por pocos genes.

La altura de planta en la mayoría de los progenitores fue superior significativamente a la media; no obstante, en las cruzas solo cuatro de 15 fueron estadísticamente superiores.

Los resultados obtenidos indican que los progenitores participantes en cruzas sobresalientes pueden ser utilizados en programas desarrollo de híbridos intervarietales o nuevas líneas con uno o más de los atributos medidos. Adicionalmente también hubo cruzas específicas que hasta en tres de las variables evaluadas mostraron valores superiores a su respectiva media (JES X ALC, ALC X IGL y MG2 X IGL).



## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Aberico, L. F. (2010). Agrolita Peatmoss. En línea; [http://www.agrolita.com.mx/Ficha\\_tecnica\\_peatmoss.pdf](http://www.agrolita.com.mx/Ficha_tecnica_peatmoss.pdf) (fecha de consulta: 06 de Noviembre de 2013) .
- Alonso, A. (1998). Diagnóstico rural participativo en la producción de flores en el municipio de Jaruco. Estudio de caso. (Tesis de Maestría); ISCAH. 51 p.
- ALLARD, R.W. (1967). Principios de la mejora genética de las plantas. Ediciones Omega. Barcelona. 498 pp.
- Bañón, A. S. Cifuentes, R.D.; Fernández, H. J.A. González B. G.A. Gerbera, Liliun, Tulipán y Rosa. (1993). Ed. Mundi-Prensa. España.
- Bartón, H. N. (2001). The role of hybridization in evolution. *Molecular ecology*. 551-568.
- Barkley, Theodore M.; Luc Brouillet, John L. Strother. «Asterácea Martinov» . *Flora of North America*.
- Benem, N. N., Pinho, Arge, D., William, L. P., Nogueira, L. R., Bianchi, V. J., Maia, C., Bremer, K. (2010). *Asteraceae: cladística y clasificación*. Timber Press: Portland, Oregón.
- Borghi, B. & V. Baldi, (1970). Variabilita tra cloni di gerbera allevati in diverse condizionale ambientali. *Sementi elette* 6.
- Bremer K. (1994): *Asteraceae: cladística y clasificación*. Timber Press: Portland, Oregón.
- Byrne, T. G. (1973). Spacing and leaf-removal for better gerbera production. *Calif. Florist*. May: 8.
- Cardoso, D. L. R., Grando, M. F., Segeren, I. M. Y Augusti, S. M. (2009). Caracterizacáo citogenética, viabilidade de pólen e hibridacao artificial em gérbera. *Horticultura Brasileira* 27:40-44.
- Camposeco-Montejo, N., V. Robledo-Torres, L. A. Valdez-Aguilar, F. Ramírez-Godina, R. Mendoza-Villareal y A. Benavides-Mendoza. (2015). Estimación de la aptitud

combinatoria en poblaciones de tomate de cascara. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6 (3): 437-451.

- Cantor, M., Lenuta, Chis (2006). Gerbera hybrid breeding the fruit research station Cluj. University of Agricultural Sciences and Veterinary medicine, Faculty Horticulture, 3-5 Manastur Street, 400372 Cluj-Napoca, Romania. ISSN 1454-2382.
- Castresana, J. (2008). Atracción del trips *Frankliniella Occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) con trampas de luz en un cultivo de *Gerbera jamesonii* (g.). *Idesia* [online]. Vol.26, n.3 [citado 2015-09-02], pp. 51-56.
- Cervantes F.M.A. (2010). Hibridaciones en plantas hortícolas; Mejora vegetal. Escuela Familiar Agraria Campomar.
- Cervantes-Ortiz, F., G. García-de los Santos, A. Carballo-Carballo, D. Bergvinson, J. L. Crossa, M. Mendoza-Elos y E. Moreno-Martínez. (2011). Estimación de efectos genéticos relacionados con el vigor de la semilla y de la plántula en maíces tropicales mexicanos. *Phyton, International Journal of Experimental Botany* 80(1): 19-26.
- Cornejo, S.; Zviertovich, G. y Campano, N. (1997). Evaluación del uso y manejo de los inoculantes Rhizolam en el distrito de Chiguata, Arequipa-Peru. En: Memorias Reunión Latinoamericana de Rizobiología (18:Santa Cruz de la Sierra). p. 383-384.
- Cuenca, F. (2010). Reproducción de la Gerbera. Dirección de cultivos Ornamentales. Edrisi, Behzad, Mahallat. Mechanisms of Creating Colour and Engineering of Novel Flower Colours in Cut Flowers. Ornamental Plants Research National Center Pag. 30.
- Das, C., Shammy, F. H. and Jamal, U. A. F. M. (2012). Growth and Yield Performance of Exotic Potted Gerbera Cultivars (*Gerbera jamesonii* l.) In Bangladesh. Bangladesh Res. Pub. J. 7(1): 16-20.
- De Jong, J. (1978). Dry storage and subsequent recovery of cut gerbera flowers as an aid in selection for longevity. *Scientia Horticulturae* 9(4): 389-397.
- De Lima, Da R. L .F. (2013). Producao de gerbera em estufa para flor cortada. Instituto Superior de Agronomia. Universidad Técnica de Lisboa. Lisboa.
- De la Cruz-Lázaro, E., G. Castañón-Najera, N. P. Brito-Manzano, A. Gómez-Vázquez, V. Robledo-Torres y A. J. Lozano-del Río (2010). Heterosis y aptitud combinatoria de

poblaciones de maíz tropical. *Phyton, International Journal of Experimental Botany* 79: 11-17.

- Dickinson, A.C and J. L Jinks. (1956). A generalized analysis of diallel crosses. *Genetics* 41(1):65-78.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C.W. Robledo. (2011). Infostat: Programa de cómputo. Versión 24-03-2011. Universidad Nacional de Córdoba. Cordoba, Argentina.
- Elstrand, N.C., Riesberg, R. W. (1996). Distribution of spontaneous plant hybridis. Proceedings on the National academy of Sciencies 509-509.
- Fritz, R.S., Orian, C.M., Brunfel, S.J. (1994). Interspecific hybridization on plants and resitence to herbivores: hypotheses, genetics, and variable responses in a diverse herbivore community. *Oecología*. 106-1112.
- Gardner, C.O., Eberhart, S.A. (1966). Analysis and interpretation of the variety cross dialled and related populations. *Biometrics* 22(3):439-452.
- Gatti, I., López. A. F., Picardi, L., Cointry, E. (2003). Selección de progenitores en espárrago. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v. 21, n. 2, p.162-165, abril/junho 2003.
- Griffing, B. (1956). Concept of general and especific combining ability in relation to dialled crossin systems. *Australian. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- Gomide, M. L., W. R. Maluf; L. A. A. Gomes. (2003). Heterose e capacidade combinatória de linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Ciência e agrotecnologia*, 27(5): 1007-1015.
- González, J., N. Mancuso, D. Álvarez and P. Ludueña. (2012). Combining ability in sunflowers lines. In: Proceedings of 18th International Sunflower Conference. Mar del Plata, Argentina: 634-638.
- Gómez-Gómez, A. A. (2010). La situación de las flores de corte mexicanas dentro de la política comercial internacional de México. *Tecsisotecatl* 2(9):1-30.
- Gómez, A. A. (2010). La situación de las flores de corte mexicanas dentro de la política internacional de México. *TECSISTECATL*, Vol. 2. Número 9.
- Guillen-de la Cruz, P., E. de la Cruz-Lázaro, G. Castañon-Najera, R. Osorio-Osorio, N. P. Brito-Manzano, A. Lozano-del Río y U. López-Noverola. (2009). Aptitud combinatoria

general y específica de germoplasma tropical de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10(1): 101-107.

Gutiérrez, del R. E., A. Palomo G., A. Espinosa B. y E. De la Cruz L. (2002). Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 271-277.

Hansen, H. V. (1985). Revisión taxonómica del género *Gerbera* (*Compositae*, *Mutisieae*) secciones *Gerbera*, *Parva*, *Piloselloides* (en África), y *Lasiopus* (*Opera botánica*. - No. 78).

Harding, J., T. Byrne and R. L. Nelson. (1981). Heritability of cut-flower base longevity in gerbera. *Euphytica* 30: 653-680.

Harding, J., T. G. Byrne and R. L. Nelson. (1981b). Estimation of heritability and response to selection for cut-flower yield in gerbera. *Euphytica* 30(2): 313-322.

Hartman, H.T. (1997). Propagación de Plantas: Principios y Prácticas. Prentice Hall NJ., Estados Unidos.

Hayman, B. I. (1954). The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39(6): 789-809.

Hinojosa-Espinosa, Óscar y Cruz-Duran, Ramiro. (2010) *Compositae* en Atenango del río, Guerrero, México. *Bol. Soc. Bot. Méx* [online]. n.86 [citado 2015-08-26], pp. 71-73.

Hooker F. (1998). genotypes Department of Horticulture, College of Forestry and Hill Agriculture, G. B. Pant University of Agriculture and Technology, Hill Campus Ranichauri – 249 199, District- Tehri Garhwal, Uttarakhand. *Progressive Horticulture*. Volume: 41. Howell S., H. *Genética de Plantas y su desarrollo*. Cambridge Univ. Press. MA., Estados Unidos.

Hughes, D. (2005). *Gerbera jamesonii*. Disponible en: (Consulado: 9-3-2015). <http://www.Plantfacts.com/Family/Asteraceae/Gerbera.Jamesonii.html>.

Info Rural. (2012). La floricultura en México. [www.inforural.com.mx/spip.php?article101252](http://www.inforural.com.mx/spip.php?article101252).

Innes, J., Harrison, D. B., Leaver, C. J. and Bevan M W (1994). *The Production and Uses of Genetically Transformed Plants*. Chapman & Hall. NY. Estados Unidos.

Kempthorne, O. (1956). The theory of diallel cross. *Genetics* 41: 451-459

Kumari, A., K. S. Patel and M. Choudhary. (2011). Genetic variability studies in *Gerbera*. *Research in Plant Biology* 1(5): 1-4.

- Jaimez, R. E., Aranque, O., Espinoza, W., Azocar, C. J. (2011). Dynamics of flowers yield of gerbera cultivar (*Gerbera jamesonii* H. Bolus): relationship with photosynthetic rates, 2011. Universidad de los Andes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Laboratorio de Ecofisiología de cultivos, Mérida, Venezuela. 30:161-178.
- Jinks, J.L.; Hayman, B.I. (1953). The analysis of diallel crosses. II. Maize Genetics Corporation Newsletter 27:48-54.
- Krips, O. E. (2001) Plant effects on biological control of spider mites in the ornamental crop gerbera. (Tesis de Doctorado); Wageningen Agricultural University, 2000. 130 p.
- Lamont, B.B., Enright, N.J. (2003) Anthropogenic disturbance promotes hybridization between bankasia species by altering their biology. Journal of Evolutionary Biology. 551-557.
- Laureti, D. and A. Del Gatto. (2013). General and specific combining ability in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia* 24 (34): 1-16.
- Leffring, L. (1973). Flower production in gerbera. I. Correlations between shoot, leaf and flower formation in seedlings. *Scientia Horticulturae* 1(3): 221-229.
- Lorenz-Lemenke, A. G., Muschner, V.C. (2006). Diversity and natural hybridization in a highly endemic species of *Petunia* (Solanaceae): a molecular and ecological analysis, *Molecular Ecology*. 487-497.
- Lisiecka, A. (1990). Gerbera. México: Ed. EDAMEX, 135 p.
- McDonald M.B. y L.O. Copeland. (1997). Seed Production: Principles and Practices. Chapman & Hall. NY. Estados Unidos.
- Malik, A. M., Naveed, A. N. and Muhammad, S. K. (2013). Skhan Directorate of Floriculture (T&R). Punjab, 21-Davis Road, Lahore, Pakistan. Characteristics of Various Gerbera (*Gerbera jamesonii*) Cultivars under Protected Condition. Journal of Ornamental Plants, 3 (4): 235-241.
- Mascarini, L. (2005). GERBERA. Manejo del cultivo para flor de corte. Universidad de Buenos Aires.
- Maurer, J. & W. Horn (1967). Ergebnisse genetisch züchterischer Untersuchungen bei Gerbera. *Gartenwelt* 67: 63-64.

- Molina, C. H., Hernández, G. D., Lazcano, P. H. Y Ponciano (2008). Programa Estratégico de Necesidades de la Investigación y Transferencia de Tecnología de la cadena productiva horticultura ornamental en el Estado de Veracruz.
- Muceniece, G., I. D. Rasals & V. Dislers. (1978). Investigation of the inheritance of quantitative characteristics of *Gerbera* in diallel crosses. I. productivity of the plants. *Soviet genetics* 14: 251-253.
- Nesom, G.L. (2004). Respuesta de "The *Gerbera* complex (Asteraceae, Mutisieae): a dividir o no". Liliانا Katinas. *Sida* 21:941-942.
- Novak, F.J. y H. Brunner. (1992). Fitotecnia: Tecnología de mutación inducida para el mejoramiento de los cultivos. Boletín del OIEA 4:25-33.
- Ohna, K. (1999) Effect of insecticide applications and indigenous parasitoids an population tres of *Liriomyza trifolli* in gerbera greenhouses. Japanese Journal os applied Entomology and Zoology, vol. 43, no. 2, p.81-86.
- Olivera Ortega, Victoria Z.; Gutiérrez Espinosa, María A.; Gutiérrez Espinosa, Jorge A.; Andrade Rodríguez, María (2000) Cultivo *in vitro* de *Gerbera (Gerbera jamesonii* H. Bolus) y su aclimatación en invernadero. Bioagro, vol. 12, núm. 3, pp. 75-80 Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela.
- Orozco, H.M.A. (2007). Entre la competitividad local y la competitividad global; Floricultura Comercial en el Estado de México. En: Convergencia. Vol. 14 Núm. 045, México. Universidad Autónoma del Estado de México. Pp 111-120.
- Prajapati, P., Singh, A., Patel, N. L., Singh, D. and Srivastav V. (2014). Evaluation of genetic diversity in different genotypes of *Gerbera jamesonii* Bolus using random amplifies polymorfihic DNA (RAPD) markers. African Journal of Biotechnology. Vol 13 (10), pp. 1117-1122.
- Peters, J. A. (2010). Variabilidad Genética entre acessos de *Gerbera (Gerbera hybrida)*.
- Radice, S. I., Marconi, P. L. (1998). Micropropagation from *in vitro* capitulum culture of several *Gerbera jamesonii* cultivars. Rev. Fac. Agron., La Plata 103 (2): 111-118.
- Ramírez, Z. G., Chávez S. J. L. (2014). Mejoramiento Genético de Ornamentales del Estado de México. Instituto de Investigación y Capacitación Agrícola, Acuícola y Forestal del Estado de México. Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca.

- Reid, S. M. (2004). Gerbera, Transvaal Daisy: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Department of Plant Sciences, University of California, Davis.
- Reist, A. (1997) Integrated pest management (IMP) in gerbera cut flower production: one year's experience. *Revue Suisse de Viticulture, d' Arcoriculture et d'Horticulture*, vol. 29, no. 6, p. 333-335.
- Reyes, C. P. (1985). Fitogenotecnia básica y aplicada. AGT Editor, S.A. México. 460p.
- Reyes, L.D., J.D. Molina G., M.A. Oropeza R. y E. Del C. Moreno P. (2004). Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza tuxpeño. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27: 49-56.
- Riesberg, L. H., Ellstrand, N. C. (1993). What can molecular and morphological markers tell us about plant hybridization. *Critical Reviews in plant Sciences*. 213-241.
- Romero, P.J., G. F. Castillo y P. R. Ortega. (2002). Cruzas de poblaciones nativas de maíz de la raza chalqueño: II. Grupos genéticos, divergencia genética y heterosis. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 107-115.
- Sánchez-Hernández, C., C. Villanueva-Verduzco., J. Sahagún-Castellanos., J. Martínez Solís, J. P. Legaria-Solano, y M. A. Sánchez-Hernández. (2011). Efectos de aptitud combinatoria en híbridos de calabacita tipo Grey Zucchini. *Revista Chapingo. Serie horticultura* 17(2): 89-103.
- Senapati, A. K., P. Prajapati & A. Singh. (2013). Genetic variability and heritability studies on *Gerbera jamesonii* Bolus. *African Journal of Agricultural Research* 8(41): 5090-5092.
- Singh, S., D. Dhyani, A. Kumar & S. Rajkumar. (2011). Flower color variations in gerbera (*Gerbera jamesonii*) population using image analysis. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 81(12):1130-1136.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). (2014). Gaceta Oficial de los derechos de obtentor de las variedades vegetales. SAGARPA. México. (15): 59-60.
- Silva, R., Oaiva, L. V., Paiva, R., Calfun, J. A., Pereira De Castro E. M. (2008). Organogênese em capítulos florais e avaliação de características anatômicas da folha de *Gerbera jamesonii* Adlam. *Cienci. Agrotec*, Lavras, v. 32, p. 821-827, maio/jun.

- Sprague, S. S. & L.A. Tatum. (1942). General vs specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy* 34(10): 923-932.
- Singh, S., Dhyani, D., Kumar, A. and Rajkumar, S. (2011). Flower color variations in gerbera (*Gerbera jamesonii*) population using image analysis. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 81 12:1130-6.
- Sobral, B.W.S. (1996). *The Impact of Plant Molecular Genetics*. Birkhauser. MA., Estados Unidos.
- Soroa, R. M. (2005). Revisión Bibliográfica *Gerbera jamesonii* L. Bolus. *Cultivos tropicales*, vol. 26, núm. 4 pp. 65-75. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas Cuba.
- Sprague, S.S.; Tatum, L.A.(1942). General vs specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 34: 923-932.
- Sutterlin, S. (1999). Influence or harmfulness of *Gerbera jamesonii* leaves on the searching efficiency of the parasitoid *Encarsia Formosa*. *Biological Control*, vol. 9, no. 3, p.157-165.
- Toledo, E. (2008). Manual del cultivo de la gerbera. Terra nigra 23 p. Anónimo. Wikipedia.
- UPOV (2000). Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la Estabilidad, Gerbera (*Gerbera Cass.*) Unión Internacional para la protección de las obtenciones vegetales. Ginebra. TG/77/9.
- Valla, J. (1979). Botánica. Morfología de las plantas superiores. Editorial Hemisferio Sur. 332: 197-204.
- Villaseñor, J.L.; Ortiz E. y Juárez V. (2004). Asteráceas. Pp 177-192. En Biodiversidad de Oaxaca. Ed. Instituto de Biología, UNAM; Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza y World Wildlife Fund.
- Yong, J. (1978). Dry storage and subsequent recovery of cut gerbera flowers as an aid in selections for longevity. *Scientia Horticulturae* 9: 389-397.



## X. ANEXOS

Anexo 1. Especies de *Gerbera* (Hansen, 1985). Comprende unas 150 especies descritas y de estas, solo 38 aceptadas botánicamente.

- *Gerbera aberdarica*
  - *Gerbera abyssinica*
  - *Gerbera ambigua*
  - *Gerbera anandria*
  - *Gerbera aspleniifolia*
  - *Gerbera aurantiaca*
  - *Gerbera bojeri*
  - *Gerbera bonatiana*
  - *Gerbera bracteata*
  - *Gerbera brevipes*
  - *Gerbera burchellii*
  - *Gerbera burmanni*
  - *Gerbera candollei*
  - *Gerbera cavaleriei*
  - *Gerbera chilensis*
  - *Gerbera cineraria*
  - *Gerbera connata*
  - *Gerbera conrathii*
  - *Gerbera cordata*
  - *Gerbera coronopifolia*
  - *Gerbera curvisquama*
  - *Gerbera delavayi*
  - *Gerbera discolor*
  - *Gerbera diversifolia*
  - *Gerbera elegans*
  - *Gerbera elliptica*
  - *Gerbera emirnensis*
  - *Gerbera ferruginea*
  - *Gerbera flava*
  - *Gerbera galpinii*
  - *Gerbera glandulosa*
  - *Gerbera henryi*
  - *Gerbera hieracioides*
  - *Gerbera hirsuta*
  - *Gerbera hypochaeridoides*
  - *Gerbera integralis*
  - *Gerbera integripetala*
  - *Gerbera jamesonii*
  - *Gerbera knorringiana*
  - *Gerbera kokanica*
  - *Gerbera kraussii*
  - *Gerbera kunzeana*
  - *Gerbera lacei*
  - *Gerbera lagascae*
  - *Gerbera lanuginosa*
  - *Gerbera lasiopus*
  - *Gerbera latiligulata*
  - *Gerbera leandrii*
  - *Gerbera leiocarpa*
  - *Gerbera leucothrix*
  - *Gerbera lijiangensis*
  - *Gerbera linnaei*
  - *Gerbera lynchii*
  - *Gerbera macrocephala*
  - *Gerbera nepalensis*
  - *Gerbera nervosa*
  - *Gerbera nivea*
  - *Gerbera parva*
  - *Gerbera peregrina*
  - *Gerbera perrieri*
  - *Gerbera petasitifolia*
  - *Gerbera piloselloides*
  - *Gerbera plantaginea*
  - *Gerbera plicata*
  - *Gerbera podophylla*
  - *Gerbera pterodonta*
  - *Gerbera pulvinata*
  - *Gerbera pumila*
  - *Gerbera randii*
  - *Gerbera raphanifolia*
  - *Gerbera ruficoma*
  - *Gerbera saxatilis*
  - *Gerbera semifloscularis*
  - *Gerbera serotina*
  - *Gerbera speciosa*
  - *Gerbera tanantii*
  - *Gerbera tomentosa*
  - *Gerbera tuberosa*
  - *Gerbera uncinata*
  - *Gerbera viridifolia*
  - *Gerbera welwitschii*
  - *Gerbera wrightii*
  - *Gerbera wuest*
-

Anexo II. Variedades de *Gerbera* registradas en México (SNICS, 2014).

| No. | Código | Variedad    | Obtentor | C.O.   | No | Código | Variedad      | Obtentor     | C.O.   |
|-----|--------|-------------|----------|--------|----|--------|---------------|--------------|--------|
| 1   | 643    | ADVANCE     | Florist  | 050806 | 24 | 1306   | INTENSE       | Schreurs     | 05171  |
| 2   | 761    | ADVANCE     | Florist  | 051107 | 25 | 726    | HEATWAVE      | Schreurs     | 011807 |
| 3   | 653    | AMULET      | Florist  | 050806 | 26 | 1042   | INTENSE       | Florist      | 041409 |
| 4   | 763    | AMULET      | Florist  | 051107 | 27 | 987    | KLEGJ06053    | Yoseph Shoub | 092408 |
| 5   | 1307   | AQUA MELONE | Schreurs | 051711 | 28 | 977    | KLEGJ07162    | Per Klemm    | 090408 |
| 6   | 651    | AVANT       | Florist  | 050806 | 29 | 1045   | KILIMANJARO   | Florist      | 041409 |
| 7   | 762    | AVANT       | Florist  | 051107 | 30 | 10326  | LANCASTER     | Florist      | 070511 |
| 8   | 727    | AVE MARIA   | Schreurs | 011807 | 31 | 1328   | NUANCE        | Florist      | 070511 |
| 9   | 868    | BALANCE     | Florist  | 022708 | 32 | 1192   | PALM BEACH    | Schreurs     | 040910 |
| 10  | 1043   | BRILLIANCE  | Florist  | 022708 | 33 | 725    | POPOV         | Schreurs     | 011807 |
| 11  | 869    | CACHARELLE  | Florist  | 022708 | 34 | 646    | PURPLE PRINCE | Florist      | 050806 |
| 12  | 1327   | CHEVELLE    | Florist  | 070511 | 35 | 758    | PURPLE PRINCE | Florist      | 051107 |
| 13  | 724    | CRUISER     | Schreurs | 011807 | 36 | 782    | QUOTE         | Florist      | 071207 |
| 14  | 644    | DUNE        | Florist  | 050806 | 37 | 1041   | RAFFINNE      | Florist      | 041409 |
| 15  | 760    | DUNE        | Florist  | 051107 | 38 | 1308   | SCHA8508      | Schreurs     | 051711 |
| 16  | 1036   | ENTOURAGE   | Florist  | 033009 | 39 | 870    | SALVADORE     | Florist      | 022708 |
| 17  | 1044   | EXPLORER    | Florist  | 041409 | 40 | 1190   | SAROLTA       | Schreurs     | 040910 |
| 18  | 625    | FICTION     | Florist  | 050806 | 41 | 647    | SAZOU         | Florist      | 050806 |
| 19  | 648    | FIORELLA    | Florist  | 050806 | 42 | 650    | SUPERNOVA     | Florist      | 050806 |
| 20  | 759    | FIORELLA    | Florist  | 051107 | 43 | 757    | SUPERNOVA     | Florist      | 051107 |
| 21  | 1038   | FLOPICO     | Florist  | 033009 | 44 | 649    | YUCATAN       | Florist      | 050806 |
| 22  | 1037   | FLOPICO     | Florist  | 033009 | 45 | 645    | ZINGARO       | Florist      | 050806 |
| 23  | 1039   | FORZA       | Florist  | 033009 | 46 | 764    | ZINGARO       | Florist      | 051107 |

