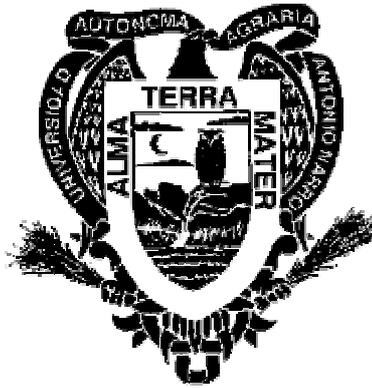


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**CARACTERIZACIÓN MULTIVARIADA DE CRUZAS DE
GIRASOL CULTIVADO X SILVESTRE (*Helianthus annuus* L.)
CON PROPÓSITOS ORNAMENTALES**

POR

JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA Y APROBADA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL

DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

ASESOR

Ph. D. ARTURO PALOMO GIL

ASESOR

M. C. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

ASESOR

ING. FRANCISCO SUÁREZ GARCÍA

MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR

PRESIDENTE

DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

VOCAL

Ph. D. ARTURO PALOMO GIL

VOCAL

M. C. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

VOCAL SUPLENTE

ING. FRANCISCO SUÁREZ GARCÍA

**MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2007

A la generación que se va...

Por los campos de maizales
y los surcos de algodón,
cuentan allá en la Laguna
que de la Narro egresó,
dicen que son agrónomos,
que es una buena generación...

Allá por el mes de Julio,
del dos mil tres ya corría,
eran hombre y mujeres
que la Narro recibía,
y llegaron pa' estudiar
la Carrera de Agronomía.

Preparados y decididos
que a todos nos dan la mano
porque son buenos compañeros
los queremos como hermanos,
nos dejan sus experiencias
por eso hoy les cantamos...

Un día Torreón los vio llegar,
tierra que los vio aprender,
y apoyaron a sus pueblos
para poder emprender,
ahora nosotros cantamos
a ésta generación que se fue...

En los pueblos laguneros
dondequiera están presentes,
su imagen en la memoria,
su labor queda para siempre;
todos sentimos como a ellos
los quiere toda la gente.

Ahora estarán trabajando
entre maíces y algodones,
siempre llevando sabiduría
al Agro y sus rincones,
y desde aquí les aplaudimos,
siempre serán los mejores...

Quiero cantar con mi Rondalla
para estos amigos queridos,
que ya hoy están egresando
siguiendo por el buen camino;
quiero que llegue hasta la Narro
este bonito corrido...

No llores Madre querida,
te lo pido por favor,
porque tu hijo venía
a estudiar pa' ser el mejor;
yo ya me encuentro en el campo,
ejerciendo mi profesión...

Adiós colegas queridos,
mi Escuela y mi aprender;
adiós Laguna querida
de donde es mi querer;
adiós salones de clase,
cuando los volveré a ver?...

Los del campo están de fiesta
porque el Inge ya llevo,
la tierra esta ya sembrada,
ahora produce mejor,
porque faltaba el Agrónomo
que la labrara con amor...

José Luis Coyac Rodríguez

"La Agricultura es: la profesión del sabio, la mas adecuada al sencillo, y la ocupación mas digna para todo hombre libre". (Marco Tulio Cicerón).

Dedicatoria

Para mis padres, **Sr. Ismael Coyac Alonso y Sra. Raquel Rodríguez Flores**, por su amor y el apoyo siempre incondicional para mi superación y formación como profesionista, como persona y como amigo, jamás podré pagarles todo lo que me han dado. Esta tesis también es para mis hermanas y hermano. **Irma, Fabiola, Gabriela, Cristina, Yolanda, Bibiana y Miguel Ángel**. Quienes han sido siempre los que me motivan y alientan a dar buen ejemplo y continuar con el mismo ánimo de siempre y más, sé que no soy perfecto, pero espero poder ser ejemplo a seguir.

Sobre todo y, principalmente, con especial cariño, admiración, respeto y amor para la amiga y mujer que me motivó a dar todo de mí, a seguir adelante y entender que el sentimiento mas bello es aquel que se da sin esperar nada a cambio; que hizo nacer en mí una luz motivadora, que me cautivo desde el momento en que la conocí; para ella que aunque me encuentre lejos siempre en mi pensamiento llevaré, porque siempre estará dentro de mi alma, mente, sueños y corazón, sin importar el tiempo ni la distancia, porque el amor verdadero es inextinguible, a tal grado que perdura, motiva y da fuerza para mantener viva la ilusión, esperanza y ganas de seguir adelante. Para ella, que sin proponérselo se convirtió, en el transcurso de mi carrera, en mi inspiración para hacer las cosas, mis proyectos y cumplir con algunas de mis metas y aspiraciones; por ella que me dio fuerza para sobresalir y dar todo de mí en las situaciones difíciles, en momentos de tensión, en aquellas Competencias SIFE, donde ella estuvo siempre en mi mente y, pensando en ella, le dedique, aunque en silencio, todos mis logros y triunfos. Para quien hace honor a su nombre **Ara: Altar; Coeli: Cielo** (Ambos del Latín), **Altar del Cielo** (*Araceli*), así es su divino nombre, como todo lo que representa para mí. Prueba de lo que siento es este trabajo. Por ella y para ella.

Gaide, esta tesis también es para ti, mi gran amiga a lo largo de este tiempo que tenemos de conocernos. Échale muchas ganas a tu futuro y espero que siempre

encuentres mas motivación para seguir adelante y tener éxito. Mi admiración y respeto para ti por tu gran tenacidad para seguir adelante y por tu deseo de superación. Eres una mujer muy especial para mí. Quiero que siempre cuentes conmigo.

Agradecimientos

A mi ALMA TERRA MATER, por brindarme la oportunidad para realizarme como profesionista y sobre todo por la fructífera y firme formación tanto personal como profesional y laboral; por permitirme formar parte de ti, por enseñarme a valorar tantas cosas: mi vida, mi familia, mi estudio, mis amigos, mi alrededor. Eres muy especial para mí, ya que fuiste parte de mis alegrías, tristezas, tropiezos...

Con todo respeto al Dr. Armando Espinoza Banda, por su orientación, apoyo y enseñanza, así como por todo ese cúmulo de conocimientos que depositó en mí, y generando siempre en mi la inquietud de aprender mas y aplicar lo aprendido.

Para el Dr. Emiliano Gutiérrez del Río por compartir sus conocimientos y por ser uno de los mejores profesores e investigadores que he conocido en mi vida. Es un ejemplo y modelo a seguir, gracias por sus clases, pláticas y comentarios, que sin duda me van a servir demasiado en mi desempeño profesional.

Al Ph. D. Arturo Palomo Gil, por su apoyo en durante mi estancia en la Universidad, así como también por ser un buen ejemplo para la juventud, por su tesón como investigador, en pocas palabras mis respetos para usted Dr.

Para todo el Equipo SIFE UAAAN: Alicia, Diana, Araceli del Carmen, Daniel, Gerardo, Carmelita, Florentino, Teresa, Arcelia y Carlos, así como a la Lic. Silvia Mendoza González e Ing. Rodolfo Betancourt, por haberme brindado la oportunidad de participar con ustedes en las V y VI Competencia Nacional de SIFE México y obtener con orgullo el Tercer Lugar (2006) y el SUBCAMPEONATO NACIONAL (2007), respectivamente; ya que estas experiencias contribuyeron enormemente a fortalecer la seguridad en mi mismo y emprender nuevas ideas, proyectos y aspiraciones. Por todo lo que conviví, aprendí y reafirme con ustedes, MIL GRACIAS.

*J*aide, sinceramente MIL GRACIAS por la amistad y apoyo que siempre me has brindado durante nuestra estancia en la Universidad. Gracias por todas aquellas palabras que me motivaron a seguir adelante y a la inspiración y ejemplo que me diste para culminar la carrera.

A mis grandes amigos incomparables: **María Eugenia** y Ramón, con quienes conviví todo este tiempo y aprendí mucho de ustedes, sinceramente son el mejor equipo de trabajo con quienes he podido disfrutar, tener opiniones encontradas, pero que me ayudan a ser mejor cada día y a emprender nuevos proyectos e ideas. Espero que podamos seguir trabajando juntos.

Itzel Anayansi, gran amiga incondicional. Sister, te agradezco tu apoyo en los momentos difíciles y por todas aquellas palabras de ánimo que me diste cuando pensaba que no iba a poder atravesar esos baches en mi camino.

Para Beatriz Osorio Ávila, amiga entrañable, quien desde lejos me da ánimos para seguir adelante. Para mis compañeras de grupo, Nery, Yesy, Tere, Lucy, a quienes les guardo un gran cariño. Les deseo éxito en esta nueva etapa de nuestra vida

Sin olvidar también al personal del Departamento de Fitomejoramiento, quienes siempre estuvieron ahí, con la disposición de ayudarnos, es de mencionar a Ing. Rubén Ramos Zamarripa y Rosalba Tejada Correa, por todo su apoyo, gracias.

También para quienes a veces me dieron la espalda y a quienes a veces se empeñaron en hacerme un poquito difícil el camino, ya sea por envidias o afán de hacerme sentir mal, porque gracias a ustedes aprendí a no cometer los mismos errores y a ver siempre los retos como una forma de afrontar la realidad, que reafirma la personalidad y genera mas confianza en uno mismo.

Para todas aquellas personas que en este escrito estoy omitiendo, no es por desagrado, sino por falta de memoria y espacio, sinceramente les agradezco todo su apoyo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ABSTRACT	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.2. Hipótesis	3
1.3. Metas	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Clasificación Taxonómica	6
2.3. Descripción Morfológica.....	7
2.4. Requerimientos Edafoclimáticos.....	10
2.5. Técnicas de Producción.....	13
2.6. Situación de la Floricultura en el Mundo	14
2.6.1. Forma de Venta de Flores.....	22
2.6.1.1. Preferencias por Grupos de Edad en Compra de Flores.....	22
2.7. Usos del Girasol como Planta Ornamental	23
2.7.1. Flor de Corte	24
2.7.2. Planta en Maceta	25
2.8. Variedades.....	26
2.9. Mejoramiento Genético	29
2.9.1. Selección.....	30
2.9.1.1. Selección Masal	31
2.9.1.2. Selección Recurrente	31
2.9.2. Endogamia	31
2.9.2.1. Desarrollo de Líneas	32
2.9.3. Hibridación	32

2.10. Heredabilidad	34
2.11. Genética del Girasol.....	36
2.12. Variabilidad en Plantas	40
2.12.1. Escalas de Variabilidad	40
2.12.1.1. Variabilidad Cualitativa	41
2.12.1.2. Variabilidad Cuantitativa.....	42
2.13. El Análisis Multivariado	42
2.13.1. Clasificación de las Técnicas Multivariantes.....	42
2.13.2. El Análisis de Componentes Principales	44
2.13.3. El Análisis de Clúster o de Agrupamiento	46
2.13.3.1. Métodos de Clúster Jerárquicos	46
2.13.3.2. Métodos No Jerárquicos.....	47
2.14. Clasificación y Caracterización	47
2.14.1. Fundamentos Teóricos de Ordenación y Clasificación	48
2.14.1.1. Selección de Especies, Acciones, Genotipos, Cultivares, etc.	48
2.14.1.2. Escalas y Ponderaciones de Atributos	49
2.14.2. Fundamentos Teóricos de la Ordenación.....	49
2.14.3. Requisitos de una Caracterización	53
2.14.4. Caracteres Apropriados para Clasificación por Taxonomía Numérica	54
2.15. Trabajos de Caracterización	56
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	75
3.1. Localización Geográfica.....	75
3.1.1. Localización del Experimento.....	75
3.2. Material Genético	75
3.2.1. Incremento y Formación de Líneas	76
3.2.2. Formación de Híbridos F_1 y avance a F_2	76
3.2.3. Evaluación de Híbridos F_1 , F_2 y Líneas Progenitoras	77
3.3. Diseño y Parcela Experimental	77
3.4. Manejo del Cultivo.....	78
3.5. Toma de Datos y Cosecha.....	78
3.5.1. Variables Registradas	78

3.5.1.1. Variables Cuantitativas.....	78
3.5.1.2. Variables Cualitativas.....	80
3.6. Análisis de Datos	81
3.6.1. Correlaciones Simples entre Variables.....	81
3.6.2. Análisis de Componentes Principales	82
3.6.3. Análisis de Clúster.....	83
3.6.3.1. Distancia Euclídea (Distancia entre Objetos).	84
3.6.3.2. Coeficiente de Correlación de Pearson (Distancia entre Variables)...	84
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	85
4.1. Características Generales de Cien Genotipos de Girasol Ornamental	85
4.2. Correlación Simple entre Variables.....	92
4.3. Análisis de Componentes Principales	97
4.4. Análisis de Conglomerados	105
4.5. Discusión General.....	108
V. CONCLUSIONES.....	109
VI. RECOMENDACIONES	110
VII. LITERATURA REVISADA	111
VIII. APÉNDICE	134

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Unidades acumuladas en diversas etapas de desarrollo de dos variedades de girasol.....	11
Cuadro 2.2. Intervalos de conductibilidad eléctrica en el suelo en mmhos/cm. ² a 25°C; porcentaje de sales (cloruros) en hojas, tallo y raíz de girasol.....	12
Cuadro 2.3. Superficie cultivada con flores de corte y de maceta (Hectáreas).	16
Cuadro 2.4. Estados de la Republica Mexicana productores de flor (2004).	20
Cuadro 2.5. Preferencia de especies y colores en días festivos en Puebla, Pue.....	21
Cuadro 2.6. Especies de flor de corte en florerías y mercados de Puebla, Pue.....	23
Cuadro 2.7. Especies que pueden cruzarse con <i>H. annuus</i> cultivado.....	56
Cuadro 3.1. Genotipos empleados, consistente de ocho progenitores hembra y siete progenitores machos, con sus respectivas F ₁ y F ₂	76
Cuadro 4.1. Sumario estadístico de datos tomados en cien genotipos de girasol ornamental (<i>Helianthus annuus</i> L.). Torreón, Coah. 2007.	85
Cuadro 4.2. Coeficientes de correlación fenotípica, entre nueve variables cuantitativas y siete cualitativas para cien genotipos de girasol ornamental (<i>Helianthus annuus</i> L.). Torreón, Coah. 2007.	96
Cuadro 4.3. Valores característicos y de varianza para dieciséis componentes principales en girasol ornamental (<i>Helianthus annuus</i> L).	97
Cuadro 8.1. Genotipos de girasol ornamental y su pedigrí. Torreón, Coah. 2007.....	134
Cuadro 8.2. Características cuantitativas y cualitativas para las correlaciones, análisis de componentes principales y conglomerados de cien genotipos de girasol ornamental. Torreón, Coah. 2007	135
Cuadro 8.3. Análisis de componentes principales en cien genotipos de girasol ornamental. Contribución relativa de cada genotipo a los dieciséis componentes principales. Torreón, Coah. 2007	138
Cuadro 8.4. Catálogo de colores en pétalos (lígulas) de girasol ornamental. Grupos formados de muestras de cien genotipos: F ₁ , F ₂ y progenitores.....	141
Cuadro 8.5. Catálogo de genotipos sobresalientes por color	142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Situación del mercado de flores de corte en algunos países.....	18
Figura 4.1. Características generales de 50 genotipos de girasol ornamental (I).....	87
Figura 4.2. Características generales de 50 genotipos de girasol ornamental (II).....	88
Figura 4.3. Frecuencias de color predominante para cien genotipos de girasol ornamental (<i>Helianthus annuus</i> L.). Torreón, Coah. 2007	89
Figura 4.4. Vectores y valores propios de los tres primeros componentes principales en girasol ornamental (<i>Helianthus annuus</i> L.). Torreón, Coah. 2007.....	99
Figura 4.5. Ordenamiento espacial para cien genotipos de girasol ornamental en los componentes principales uno y dos (I).	103
Figura 4.6. Biplot de ordenamiento espacial para cien genotipos de girasol ornamental en los componentes uno y tres (II).	104
Figura 4.7. Dendrograma de clasificación jerárquica de progenitores y cruzas F ₁ y F ₂ de girasol ornamental (<i>Helianthus annuus</i> L.) en análisis de conglomerados. Torreón, Coah., 2007.	107

ABSTRACT

Actually, the sunflower has demand like natural flower for floral arrangements. The commercial alternatives are, as cut flower and flowerpot plant. But it is necessary to get compact genotypes with an attractive flower; to obtain this kind of genotype an option is to use wild genotype, in crosses with bred sunflower, to generate variability. This work was carried out at the UAAAN-UL Experimental Station. The purpose of this work was to characterize the sunflower parents and their crosses and to know the relationships among the variables measured. In spring 2007 were evaluated one hundred genotypes, obtained from crosses among wild and bred genotype and their parents since summer 2005, spring and summer 2006. This evaluation was in a randomized blocks experimental design with two repetitions. To save economical, human and time resources, the multivariate method with the principal components and clustering techniques was used to analyze the data measured. Quantitative variables (EM, AB, IF, FF, IDF, NH, DIC, DTC and LP) and qualitative (TSR, TV, CCC, PR, HP, TP and Cr) were measured. The results showed up that the variable with the most correlation was TSR, equally positive as negatively with all other characteristics. A biplot graphic was generated with the three firsts components that explained the 58.3% of total variability, classify in groups the wild and bred parents and their offspring. NH, PR, CCC, AB, IF and FF were the most important in wild genotypes. TSR and TV were the main characteristics in cultured materials. The resulting dendrogram classify eight different groups.

Keywords: Sunflower, genotypes, principal components analysis, clustering analysis, floriculture.

RESUMEN

Actualmente el girasol tiene demanda como flor natural en arreglos florales. Las alternativas de comercialización son, como flor de corte y planta en maceta. Para esto es necesario contar con genotipos compactos y flor atractiva; una opción es emplear genotipos silvestres que generen variabilidad en cruzas con girasol cultivado. El presente trabajo se realizó en el campo experimental de la UAAAN-UL, con el objeto de caracterizar los genotipos de girasol e identificar la relación e importancia entre las variables. En primavera de 2007 se emplearon cien genotipos de girasol, obtenidos de cruzas entre girasol cultivado x silvestre y sus progenitores, provenientes de verano 2005, primavera y verano 2006. Se evaluaron en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. Para facilitar el proceso y ahorrar recursos económicos, humanos y tiempo, se utilizó el método multivariado, por la técnica de componentes principales y conglomerados. Se midieron variables cuantitativas (EM, AB, IF, FF, IDF, NH, DIC, DTC y LP), y cualitativas (TSR, TV, CCC, PR, HP, TP, Cr). Los resultados indican que la característica que mas correlaciona con las demás es TSR, tanto positiva como negativamente. Se genero un gráfico biplot con los primeros tres componentes, que explicaron 58.3% de la varianza, y clasificó grupos de progenitores cultivados y silvestres, y sus progenies. NH, PR, CCC, AB, IF y FF fueron mas importantes en los genotipos silvestres. TSR y TV son las características predominantes en materiales cultivados. El dendrograma resultante genero ocho grupos diferentes.

Palabras Clave: Girasol, genotipos, análisis de componentes principales, conglomerados, floricultura.

I. INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, el girasol se cultivaba como ornamental (Encarta, 2005); cuando se introdujo a Europa, procedente de América, su primer uso fue el de planta ornamental en los Jardines Reales (Melgares, 2001); es una planta rústica de amplia adaptación, indiferente al fotoperíodo (Vilarroel, 1989) y con bajo consumo de agua, principal problema en la Comarca Lagunera (Espinoza *et al.*, 2001).

La atractiva inflorescencia en tonos de color amarillo-anaranjado, contrastante con el verde oscuro de la base del capítulo y hojas hace que sea una planta con gran interés ornamental; durante casi 250 años de haberse llevado y difundido en Europa, el girasol se cultivó solamente como planta ornamental (Vranceanu, 1977).

El girasol está experimentando una paulatina expansión, debido al aumento de su demanda en el mercado florícola (Armitaje, 1993; Jones, 1993). Antes era raro ver el uso de estas especies como flor natural en arreglos florales. Las características buscadas en el girasol como flor de corte son una planta de altura estándar a enana y diámetros menores de capítulo, precocidad y colores atractivos.

El excesivo desarrollo vegetativo en la longitud del tallo y el diámetro de capítulo limita su uso como planta ornamental. La producción de especies ornamentales en maceta es una alternativa para los productores, por lo novedoso del producto y los altos precios que alcanzan en el mercado (Armitaje, 1993). En México se tiene una gran cantidad de plantas nativas, con características atractivas como ornamentales, entre estas destaca la familia Asteraceae, a la cual pertenecen por ejemplo: Amapola de Campo (*Cosmos bipinnatus*), Cempoalxóchitl (*Tagetes erecta*), Zinnia (*Zinnia spp.*) y Girasol (*Helianthus annuus* L.) (Leszczyńska, 1993).

Estos géneros han sido más apreciados y sometidos a mejoramiento genético en otras regiones, de ahí que las semillas de variedades e híbridos se tengan que importar de otros países. La semilla de girasol para fines ornamentales es de procedencia extranjera, con los altos costos que ello implica (Concilco, 2004).

Para flor ornamental, es necesario contar con genotipos de tamaño compacto e inflorescencia atractiva con diámetros de 12-18 centímetros, que permitan su cultivo en maceta, y explotando algunas características como la morfología de la planta, el color, los tallos, las hojas y las variaciones en el color de las flores. Sin embargo, aunque ya se cuenta con este tipo de genotipo, obtenido en la UAAAN-UL, por Concilco (2004) es necesario continuar con el programa de mejoramiento, para poder obtener, en el mediano plazo materiales mas prometedores e innovadores en el mercado, por esta razón, la finalidad de este trabajo es realizar cruzas entre girasol cultivado enano x silvestre exótico para observar, obtener y seleccionar los caracteres de interés ornamental, considerando principalmente porte bajo, capitulo mediano, tallo único, precocidad, color, tipo y tamaño de pétalos (lígulas) atractivos

En programas de mejoramiento de varias especies, por lo general se invierten muchos recursos económicos como humanos, además de que dicho proceso lleva mucho tiempo, teniendo que realizar todas las cruzas posibles entre los progenitores que se estén evaluando, aumentando con esto el trabajo y el tiempo invertido; por otro lado, al analizar las variables evaluadas, tradicionalmente se ha hecho variable por variable, limitando la capacidad del fitomejorador en determinar el potencial genético de una manera integral.

De esta ultima limitante se desprende el interés por realizar este trabajo de investigación, al utilizar las técnicas de Análisis de Componentes Principales, método multivariado que reduce la dimensionalidad de las variables analizadas e identifica que variables influyen mas en el comportamiento diferencial de genotipos; asimismo, el Análisis de Conglomerados, herramienta estadística con muchas aplicaciones, con la cual mediante la integración de las variables, se puede clasificar a los genotipos de girasol de acuerdo a su disimilitud o similaridad, facilitando su agrupamiento, mediante un árbol de clasificación, permitiendo visualizar cuales genotipos son los que se pueden cruzar para tratar de explotar su heterosis basados en la disimilitud.

1.1. Objetivos

Caracterizar progenitores y las cruzas F_1 y F_2 de girasol cultivado x silvestre para formar y seleccionar genotipos con características ornamentales.

Identificar, mediante el análisis de componentes principales (ACP), características de mayor relevancia en la caracterización de girasol de tipo ornamental.

Identificar, mediante el análisis de conglomerados (AC), las relaciones entre las cruzas F_1 , F_2 , y sus progenitores, y su agrupamiento de acuerdo a su similitud.

1.2. Hipótesis

La caracterización de progenitores y cruzas de girasol cultivado x silvestre facilitara la selección de genotipos ornamentales.

Mediante el análisis de componentes principales es posible determinar que variables influyen más en el comportamiento diferencial de las cruzas.

Con el análisis de conglomerados es posible clasificar con seguridad a los genotipos y de acuerdo a las diferencia entre estos, planear las mejores cruzas con la finalidad de explotar su posible heterosis.

1.3. Metas

Seleccionar al menos un genotipo de girasol ornamental, de porte bajo, con capítulos de 12 a 18 cm. de diámetro, inflorescencia de color atractivo y tallo único.

A mediano plazo proponer el registro de al menos una variedad de girasol ornamental.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Hasta donde la historia, leyenda y las tradiciones alcanzan a presentar en el pasado remoto de México, las plantas y flores han jugado un papel muy importante en la religión, en las relaciones afectivas o diplomáticas y en la economía de su pueblo. El mexicano es un ser privilegiado, pues se le recibe en este mundo, se le despide de él y aun se le recuerda con flores. Esta es una costumbre tan arraigada que nadie sabe cuando comenzó, pero existen evidencias que en Xochimilco ya se producían flores hace unos 2 000 años, por lo que podría considerarse como el Centro Hortícola Ornamental mas antiguo de América (Bailón, 2002).

Cuando los españoles llegaron a México, los aztecas ya cultivaban dalias (*Dahlia spp.*), y cempoalxóchitl (*Tagetes erecta*) de flores dobles, además de otras especies alimenticias, medicinales y enervantes.

Después de la conquista, un buen número de especies en México salieron para Europa y Norteamérica tales como dalias (*Dahlia spp.*), zinnia (*Zinnia spp.*), ageratum (*Ageratum spp.*), nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* L.), tigridia (*Tigridia pavonea*), calceolaria (*Calceolaria spp.*), esprekelia (*Sprekelia spp.*), plumeria (*Plumeria spp.*), cempoalxóchitl (*Tagetes spp.*), nardo (*Polianthes tuberosa*), muiltle (*Jacobina spp.*), flor de San Juan (*Houestonia spp.*), numerosos géneros de cactáceas, orquídeas y algunas otras epifitas como bromelias y helechos, que hoy son consideradas plantas de ornato en todo el mundo (Corona *et al.*, 1993).

Se sabe que la popularidad de las distintas especies de plantas ornamentales cambia notablemente a través del tiempo. Unas llegan a ser olvidadas, en tanto que otras adquieren popularidad. Oszkinis y Lisiecka (1990) mencionan que un ejemplo típico es la gerbera, que en lo últimos años ha alcanzado una excepcional aceptación, debido a la belleza de los arreglos florales multicolores, que en ocasiones han llegado a tener gran éxito.

Muchas plantas, dentro de las utilizadas para flor de corte se vuelven muy populares durante un corto periodo de tiempo, mientras algunas se vuelven de interés económico por muchos años, de acuerdo con Vonk-Noordegraaf (1993) esto se debe a los siguientes factores:

- La presencia de buenas posibilidades para realizar una producción planeada
- Baja sensibilidad a plagas y enfermedades
- Ser adecuadas para el transporte y un buen comportamiento de vida en florero
- Disponibilidad durante la mayor parte del año
- Variabilidad en la apariencia.

Dentro de la familia de las Compuestas (Asteraceae), se tiene un excelente potencial ornamental entre sus especies, las cuales han sido poco aprovechadas. Se debe hacer un esfuerzo y empezar a hacer colectas y selecciones de material para mejoramiento genético, y que puedan ser utilizadas en la producción de flor de corte, para jardines o como plantas en maceta (Bailón, 2002).

Actualmente el girasol es un cultivo importante como planta oleaginosa (Mora, 2000), ya que su aceite refinado es comestible; sin refinar se utiliza en la fabricación de jabones y velas. (Encarta, 2005); como planta forrajera (Ortegón *et al.*, 1993), se menciona (Encarta, 2005) que con el residuo sólido de la extracción de aceite de las semillas se preparan unas tortas usadas para este fin, así como también las semillas crudas en alimentación de aves; como golosinas (Reyes, 1986; Encarta, 2005); es además una excelente planta melífera (Sánchez *et al.*, 1993). Se dice (Infojardín, 2007) que de las lígulas de las flores se pueden hacer concentrados de color; los indígenas Norteamericanos usaban la semilla para extraer un tinte púrpura (Putt, 1978); se ha descubierto que las raíces de los girasoles pueden limpiar la tierra de metales pesados como el plomo o el cadmio (Infojardín, 2007); También, son de uso medicinal las semillas, tallo y hojas (Hernández, 2001).

En los últimos años han proliferado las variedades de girasol desde las que carecen de polen para evitar que se caiga el pétalo, a las variedades de un tallo o al contrario, de varios tallos, las de flor grande y flor pequeña; las que son sensibles a la longitud del día y las que no son, para cultivarse todo el año, etc. Todo esto unido a la gran demanda de esta flor, hace que sea un cultivo muy interesante a tener en cuenta (Bailón, 2002).

2.2. Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica de acuerdo a Brands (2007), es

☐Biota

Dominio Eukaryota

Reino Plantae Haeckel, 1866

Subreino Viridaeplantae Cavalier-Smith, 1981 – plantas verdes

Phylum Tracheophyta Sinnott, 1935 ex Cavalier-Smith, 1998

Subphylum Spermatophytina (auct.) Cavalier-Smith, 1998 – plantas verdes

Infraphylum Angiospermae auct.

Clase Magnoliopsida Brongniart, 1843

Subclase Asteridae Takhtajan, 1967

Superorden Asteranae™ Takhtajan, 1967

Orden Asterales™ Lindley, 1833

Familia Asteraceae™ Dumortier, 1822

Subfamilia Asteroideae™

Tribu Heliantheae

Género *Helianthus*™ Linnaeus, 1753

Helianthus annuus™ Linnaeus – girasol anual

El nombre científico del género (*Helianthus*), así como los que le dan nombre a la planta, alude a la forma y aspecto de la inflorescencia o capítulo donde nacen las flores y que corona la planta. Así, el término griego “Helios”, significa “Sol”, y “Anthos”, “Flor”. El nombre de la especie (*annuus*) alude a la característica de anualidad del ciclo vegetativo-reproductivo de la planta (Hernández, 2001).

Existen alrededor de 67 especies de girasol, la mayoría silvestres (Reyes, 1986), todas originarias de América (Heiser, 1978). Se caracteriza por ser una planta alta con un rango de 0.5 a 4 metros, aunque algunos tipos gigantes llegan a medir

hasta 12 m., de flores grandes que giran para estar de cara al sol; semejantes a enormes margaritas amarillas (Concilco, 2004). Las hojas son alternas, acorazonadas ásperas y peludas. El gran capítulo solitario, que puede medir hasta casi 1 m. de diámetro, tiene lígulas amarillas que rodean un disco central de flósculos o flores individuales de color amarillo, rojo o púrpura, según la especie (Encarta, 2005).

Esta especie comprende diferentes variedades. La mayoría de ellas han sido desarrolladas en Rusia por ejemplo Vniimk, Peredovick, Armavirsky, Target, Zehir, Turret, Dusol, Karlik, Jenissi y Relax (Sánchez, 1993).

Se le conoce, de acuerdo con los diversos países, con diferentes nombres; en México y gran parte de Latinoamérica *girasol*, en Brasil también *girasol*, en Chile *maravilla*, en EE.UU. *Sunflower*, en Suecia *Solros*, en Holanda *Zonnebloem*, en Rumania *Floarea soarelui*, en Francia *Tournesol grand du soleil*, *heliante annuel*, *graine a perroquets* y *grambsoleil*, en Italia *Girasole*, en Rusia *podsolnechnik*, en Yugoslavia *Suncokret*, *sonenica* y en Alemania *Sonnenblume* (Robles, 1985).

2.3. Descripción Morfológica

Putt (1978) y Beard (1981) mencionan que las publicaciones más tempranas de la descripción del girasol se encuentran en un herbario de 1568 por Rembert Dodonaeus. Si bien herbarios posteriores citan a Perú o Centroamérica como el lugar de origen de la planta, las autoridades modernas creen que el girasol común es nativo de Norteamérica.

Knowles (1978) comenta que el girasol cultivado (*Helianthus annuus* L.) es una planta inusual. Se distingue de todas las demás plantas cultivadas por su tallo simple y conspicuo, inflorescencia grande. Las características cuantitativas, como altura, tamaño de capítulo, tamaño del aquenio, y tiempo a maduración, varían grandemente. Esas características determinan algunos de los usos de la planta – como una fuente de aceite comestible, como alimento para personas o animales, o como forraje. Los floricultores están interesados en la variabilidad del color de flor, estructura y tamaño del pétalo.

Tallo. En el caso del girasol cultivado, típicamente, no es ramificado, aunque los tipos ramificados frecuentemente aparecen en campos comerciales y en ocasiones son usados como progenitor macho en la producción de híbridos. Las dimensiones del tallo y su desarrollo, incluyendo la ramificación, son influenciadas fuertemente por el ambiente. La longitud del tallo de variedades de girasol comercial varía de 50 cm. a más de 500 cm., y el diámetro de 1 cm. a alrededor de 10 cm. (Knowles, 1978). Tipos raros de 12 m. fueron reportados por Dodonaeus, y citados por Cockerell (1915). La longitud está determinada, también, por el número y longitud de entrenudos. Plantas altas y enanas con muchos entrenudos tendrán tallos gruesos a causa de una asociación positiva entre el número de entrenudos y de grosor. Si los tallos son cortos a causa de menos entrenudos, estos serán delgados (Knowles, 1978). La altura de la planta ha sido considerada como un carácter cuantitativo sin embargo se ha reportado que depende de un par de genes. Enns (1959) encontró que el carácter enano está controlado por un gen recesivo simple.

Ramificación. Muchos grados de ramificación pueden ocurrir en el girasol, yendo del tipo cultivado con un capítulo simple a los tipos silvestres de muchas ramas. La longitud de las ramas varía de unos pocos centímetros a distancias más largas que el tallo principal. Las ramas pueden concentrarse en la base, en la punta, o sobre la planta entera. Aunque los capítulos de las ramas usualmente son más pequeños que el principal, algunas ramas de primer orden pueden tener un capítulo terminal casi tan grande como el principal (Knowles, 1978). Hockett y Knowles (1970) usaron las siguientes categorías para clasificar la progenie de híbridos de tipos ramificados y no ramificados: 0 = No ramificado; 1 = Ramificación basal; 2 = Ramificación en la punta; 3 = Completamente ramificado con el capítulo del tallo principal más largo que el de los laterales; y 4 = completamente ramificado con un capítulo central grande (tipo silvestre). Los tipos 1 a 4 fueron subdivididos de acuerdo a su longitud de ramas: *a* = corto, o unido, y hasta 15 cm. de longitud; *b* = intermedio, o superior a los 15 cm. y menos que la mitad de la longitud del tallo principal; y *c* = largo, o más largo que la mitad del tallo principal.

Raíz. Weaver, citado por Knowles (1978), estudiando la variedad "Russian", en Lincoln, Nebraska, encontró que la raíz central penetró el suelo hasta una profundidad de 150 a 270 cm., y que la altura de la planta osciló de 75 a 125 cm. Ortegón *et al.* (1993) mencionan que puede alcanzar a profundizar hasta 4 metros. La raíz es más simple que el tallo, morfológicamente, mayormente, a causa de que no tiene nudos y hojas. Al igual que el tallo, la raíz tiene estadio primario y secundario de desarrollo.

Hojas. Cuando las plantas emergen del suelo, los cotiledones se abren, y el primer par de hojas verdaderas es visible. Las hojas son producidas en pares alternos opuestos, y después de cinco pares opuestos una forma espiral de filotaxia alterna se desarrolla. Las hojas sobre las plantas de tallos simples pueden variar en número de 8 a 70. Aquí parece haber asociación entre el número de hojas y el tiempo a madurez, plantas con hojas numerosas son usualmente tardías en maduración. (Knowles, 1978).

Inflorescencia. También llamada capítulo o cabeza, esta formada por un número de flores que fluctúa entre 500 y 1 500. Su borde se compone de brácteas protectoras que forman el involucre. El receptáculo es un disco plano, cóncavo o convexo. En plena floración es semicarnoso y succulento. Aquí se encuentran dos tipos de flores: liguladas y tubulosas. Las liguladas son estériles y se componen de un ovario rudimentario, un cáliz también rudimentario y una corola transformada, semejante a un pétalo; suman de 30 a 70; están dispuestas radialmente en una o dos filas; tienen una longitud de 6 a 10 cm.; son de color amarillo-dorado, amarillo-claro y amarillo-anaranjado. Las flores tubulosas son fértiles; cada una se compone de cáliz, corola, androceo y gineceo; están dispuestas en arcos espirales que parten del exterior hacia el centro de los discos. En la mayoría de los cultivares para flor cortada, que suelen ser híbridos, las flores tubulares son estériles, no forman polen, ni producen semilla (Melgares, 2001).

Polinización. El girasol es una planta alógama. La polinización es principalmente entomófila, ya que como el polen es pesado y se aglomera con facilidad, el aire lo transporta con dificultad. Los insectos que más favorecen la polinización del girasol son las abejas. Las lluvias en época de floración son nocivas para los procesos de polinización y fecundación, ya que lavan el polen e impiden el vuelo de las abejas.

Por otra parte, la luz solar directa reduce la viabilidad del polen, pues lo seca y le hace perder su capacidad de fecundación.

Fecundación. El polen germina de 5 a 10 minutos después de caer en el estigma. La velocidad de crecimiento de los tubos polínicos es mayor en los granos que se localizan en la base de los lóbulos del estigma. Los espermios del grano de polen salen del tubo polínico cuando éste penetra profundamente en el tejido del estigma. La penetración del tubo polínico en el micrópilo, y su apertura en el saco embrionario tienen lugar entre los 30 y 60 minutos posteriores a la polinización. La fusión de los dos gametos se efectúa aproximadamente dos horas después de la fecundación; la unión de la segunda espermátida con el núcleo secundario se presenta después de hora y media. El estigma pierde su receptividad cinco horas después de la polinización, y los lóbulos se retuercen y empiezan a retirarse paulatinamente hacia el tubo de la corola debido a la pérdida de turgencia del estilo.

Fruto (semilla). Una vez fecundada la flor, el ovario se transforma en fruto y el ovulo en semilla. Botánicamente, el fruto de girasol se denomina “aquenio”, el cual es seco, indehiscente, y se compone por el pericarpio y la semilla. (Ortegón *et al.*, 1993).

2.4. Requerimientos Edafoclimáticos

Temperatura. Necesita una temperatura media diaria superior a 15°C, (Saumell, 1980), aunque se adapta a condiciones térmicas variadas ya que se desarrolla tanto de 25 a 28°C como temperaturas menores de 13 a 17°C y con requerimientos térmicos entre 1 600 a 2 000 unidades calor (Cuadro 2.1), dependiendo del ciclo del cultivo, (Vranceanu, 1977); soporta bajas temperaturas incluso heladas ligeras en sus primeras etapas de desarrollo, y después progresivamente es más sensible al frío (Putt, 1963), provocando los mayores daños (Robinson, 1973) y desórdenes fisiológicos en floración y, a temperaturas constantes de 10°C, afectan el ápice de crecimiento de la planta y causan ramificación de los tallos (Vranceanu, 1977; Saumell, 1980).

Cuadro 2.1. Unidades acumuladas en diversas etapas de desarrollo de dos variedades de girasol.

Intervalos	Variedad	Siembra a emergencia	Emergencia a inicio de botón	Inicio del botón a inicio de la floración	Inicio de la floración a madurez fisiológica	Emergencia a madurez fisiológica
Mínimo	Vniimk 8931	63.7	594.0	309.9	455.2	1 327
	RIB—77	111.0	463.0	287.0	384.0	1 381
Máximo	Vniimk 8931	129.9	663.0	399.5	806.9	1 750
	RIB—77	157.0	527.0	380.0	751.0	1 633
\bar{X}	Vniimk 8931	95.4	629.7	348.7	697.9	1 670
	RIB—77	131.0	496.0	347.0	570.0	1 544

Fuente: Adaptado de Vrevalov (1978), y Ortegón y Escobedo (1987).

Humedad. El girasol consume importantes cantidades de agua en las épocas de crecimiento activo y de formación y llenado de las semillas. Talha y Osman (1975) mencionan que el girasol es mas sensible a una humedad deficiente 25 días después de haber nacido, mas que en las etapas de floración e inicio de madurez. Dubbelde *et al.* (1982) encontraron que las variedades precoces de girasol, en condiciones de humedad limitada, extraen la misma cantidad de agua que las variedades tardías. La época de mayor consumo de agua en las plantas precoces es menor que en variedades tardías. Además, la capacidad del girasol para reducir el consumo diario de agua cuando existe poca humedad en el suelo, favorece su conservación para las etapas finales de desarrollo. El coeficiente de transpiración del girasol varía de 470 a 765 mm. Sipos y Paltineanu (1974) indican que la evapotranspiración anual del girasol se acerca a los 500 mm. de agua; siendo de 100 a 300 mm. menor que la evapotranspiración del maíz, la soya, la alfalfa y la remolacha. Además, agregan que el consumo total de agua depende del periodo vegetativo y de la cantidad total de calor recibido. Tiene una evapotranspiración diaria de 3 a 5 mm.; la máxima registrada es de 5 a 6 mm. y se alcanza de 8 a 12 días antes que en el maíz, aunque debido a su precocidad el girasol padece menos durante veranos secos. Muriel y Downes (1974) señalan que cuando existe agua suficiente, el girasol –en comparación con otras especies– la consume rápida e ineficientemente, por eso, en condiciones de una intensa evapotranspiración, las reservas de humedad se agotan rápidamente. El girasol es capaz de resistir

periodos de sequía severa; sin embargo, en cualquier etapa de desarrollo ésta condición reduce el área foliar y el rendimiento.

Suelos. Se adapta a casi todos los tipos de suelo, aunque los mejores son los suelos arcillo-arenosos o areno-arcillosos profundos, con buen drenaje, ligeramente ácidos y que retengan bien el agua. Kawase (1974) señala que el girasol necesita suelos con buen drenaje, pues si las plantas se mantienen en un suelo inundado por más de tres días, difícilmente se recuperan. En los suelos con problemas de humedad, el porcentaje de germinación del girasol se mantiene más alto que el de muchos otros cultivos. Doneen y McGillivray (1943) obtuvieron emergencias de 73 y 89% con niveles de humedad respectivos de 8 y 9%, en un suelo migajón-arenoso con punto de marchitez permanente de 8.6%.

Salinidad. Algunas pruebas realizadas muestran que este cultivo es resistente e incluso puede emplearse como remediador en suelos con altos contenidos de sales. La profundidad de las raíces y la buena distribución de las raicillas, además del consumo y resistencia de ciertas cantidades de sales en los tejidos, hacen del girasol un cultivo que se puede aprovechar para reducir la salinidad por medio de un tratamiento adecuado en suelos salinos, la vez que se pueden obtener buenos rendimientos de semilla y aceite. Wahid *et al.*, (1999a; 1999b), han observado que genotipos de girasol con alto porcentaje de germinación, vigoroso crecimiento de la plántula y gran área fotosintética son los que se establecen mejor en condiciones de estrés salino (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Intervalos de conductibilidad eléctrica en el suelo en mmhos/cm.² a 25°C; porcentaje de sales (cloruros) en hojas, tallo y raíz de girasol

Intervalos de conductividad eléctrica ¹ 0—30 cm.	Hojas	Tallo	Raíz	Total
2.1—3	3	4.6	2.7	3.1
3.1—4	3.3	4.8	2.9	3.7
4.1—5	3.1	4.5	3.7	3.8
5.1—6	4.1	6.6	3.6	4.8
6.1—7	4.6	7.4	4.4	5.5
7.1—8	4.7	5.4	3.9	5
8.1—9	6.2	7.5	5.8	6.5

¹ Promedio de tres muestreos de suelo realizados durante el desarrollo del cultivo.
Fuente: Ortegón, 1980.

2.5. Técnicas de Producción

Épocas de siembra. La germinación de la semilla depende fundamentalmente de dos condiciones: la temperatura y humedad del suelo. Nicolae *et al.* (1980) mencionan que a una temperatura media de 10 a 12°C en el suelo, y con una profundidad de 5 cm., la emergencia requerirá de 15 a 20 días, mientras que a una temperatura superior a 17°C y con buena humedad, se requerirá solo de seis días. El periodo de emergencia se incrementa considerablemente cuando se tiene una temperatura menor a 10°C.

Preparación del terreno. La aradura de la tierra se efectúa a una profundidad de hasta 30 cm.; para proporcionar a las semillas una cama firme, húmeda y mullida, conviene eliminar totalmente las malezas recién germinadas, para evitar su competencia con las plántulas de girasol (Sánchez, 1993). Si es necesario se nivelará el terreno para evitar encharcamientos y excesos de humedad que perjudiquen el cultivo y dificulten las labores de siembra (Solórzano, 1993).

Fertilización. Para la fertilización se recomienda aplicar una fórmula 60-40-00 usando como fuentes, ya sea Sulfato de Amonio y superfosfato simple; así como también puede usarse Nitrato de Amonio y Superfosfato Triple. La fertilización debe hacerse al momento de la siembra.

Siembra. La semilla debe sembrarse a una profundidad de 3 a 6 cm. con una distancia entre surcos que puede variar de 75 a 90 cm. Para obtener una población de 40 000 plantas por hectárea, tomando en cuenta las pérdidas durante la germinación y emergencia, se siembran entre 6 y 8 Kg. ha⁻¹ (Solórzano, 1993).

Manejo del cultivo. Cuando las plantitas tengan de 20 a 25 cm. de altura, con 4 a 6 hojas, debe darse un paso de cultivadora a fin de eliminar la maleza y aflojar el suelo. Luego, se hace el aclareo, dejando las plantas más vigorosas a una distancia de 25 o 30 cm. Cuando las plantas tengan 40 a 50 cm. se hace el segundo pase de la cultivadora, evitando arrimar demasiada tierra a la base de los tallos a fin de prevenir

podriciones. Para el control químico de malezas, se recomiendan herbicidas a base de prometrina, con alto efecto residual, que no es tóxico para el girasol y que tampoco presenta peligro para las abejas;

Cosecha. El momento de recolección será cuando las lígulas estén totalmente desarrolladas, si es posible cuando éstas todavía mantienen una posición próxima a la perpendicular con el capítulo, con el fin de evitar daño en las mismas durante la manipulación y el transporte. En el caso de que la altura total de la planta esté cerca de la altura comercial deseada (normalmente entre 80 y 100 cm.), se arrancará la planta en su totalidad cortando la raíz, y si está un poco por encima de esa altura, también un trozo de tallo. En el caso de los cultivares o épocas en que obtengan plantas netamente superiores a lo necesario, incluso más de dos metros, se cortará el tallo a unos 80-100 cm. por debajo del capítulo dejando el resto del tallo en la parcela. Se suelen confeccionar en paquetes de cinco unidades, atándolos con gomas, igualando los tallos por debajo mediante un corte de tijera (Melgares, 2001).

2.6. Situación de la Floricultura en el Mundo

En México existe un gran número de especies nativas silvestres (Leszczyńska, 1993; Leszczyńska y Borys, 2001). de las cuales se encuentran muchas que ya se conocen y comercializan a nivel internacional y otras con un gran potencial ornamental, como ejemplos se pueden mencionar varias bulbosas entre ellas *Dahlia*, *Tigridia*, *Sprekelia*, *Hippeastruym*, *Hymenocallis*, *Milla* (Leszczyńska y Borys, 2001), y otras como *Fucsia* (aretillo), *Tagetes* (flor de muertos), *Euphorbia* (nochebuena), *Oenothera* (orquídea) (Vázquez y Norman, 1985); *Helianthus* (girasol), *Polianthes* (nardo), *Geranium* (geranio) (Borys y Leszczyńska, 1992) y gran diversidad de cactáceas (Heyden, 2002).

El identificar plantas con ciertos caracteres estéticos con potencial ornamental, debería tener un impacto mas significativo sobre la enseñanza y creatividad de los fitomejoradores (Leszczyńska, 1993).

Pese al potencial productivo que tiene México como productor de flores, éste no ha sido aprovechado al máximo, y su participación en los mercados internacionales es relativamente baja (ASERCA, 2006).

La colecta de material vegetal ornamental en México tiene una gran tradición que se origina desde la época prehispánica (Vázquez y Norman, 1985). Sin embargo, como actividad económica, la horticultura ornamental es relativamente reciente (Colinas, 2003).

El comercio de flores de calidad se realiza de los países de bajos ingresos hacia los de altos ingresos; así los productores de Asia destinan su producción en gran medida hacia el mercado europeo, los del sudeste asiático hacia Japón, los de Centro y Sudamérica hacia Canadá, Estados Unidos y en menor medida a Europa (ASERCA, 2006) (Cuadro 2.3).

En los últimos años se ha observado un incremento en el número de países que se están dedicando con mayor fuerza a la floricultura, actividad que se está dando principalmente en países en vías de desarrollo, con climas no tan extremos como los del Hemisferio Norte, mano de obra barata y medidas ambientales menos estrictas que en otros sitios (ASERCA, 2006).

Países tradicionalmente productores de flores como Holanda, Alemania, Estados Unidos, por citar algunos, están buscando hacer alianzas con productores de otros países, ya sea vía convenios directos entre los productores o mediante organismo, gobiernos o la iniciativa privada (ASERCA, 2006).

Un ejemplo claro es Holanda, quien se ha caracterizado por ser un productor y exportador (y re-exportador) de peso en el mercado mundial de flores. Sin embargo, los altos costos de la mano de obra del lugar, las mayores exigencias para cumplir con medidas en pro del ambiente, lo han llevado a buscar en otros continentes, países con las condiciones propicias para el cultivo de la flor. Los holandeses si bien siguen produciendo flores en grandes volúmenes, ahora están centrando más su atención en

el desarrollo de nuevas variedades, presentaciones, colores, etc., es decir, están enfocando sus esfuerzos para desarrollar mejores y nuevas semillas, el trabajo en la genética ha ido en constante crecimiento en los últimos años, todo esto para satisfacer las exigencias del consumidor final, el cual ya no se conforma con la flor común, sino que ahora está buscando nuevas alternativas, que la revolución genética está generando (ASERCA, 2006).

Cuadro 2.3. Superficie cultivada con flores de corte y de maceta (Hectáreas).

Europa		Medio este	
Austria	1,982	Israel	2,245
Bélgica	1,562	Turquia	1,600
Republica Checa	215	Total	3,845
Dinamarca	444	África	
Finlandia	176	Costa de Marfil	690
Francia	6,628	Kenya	2,180
Alemania	7,056	Marruecos	320
Grecia	990	Sudáfrica	1,050
Guemsey	126	Tanzania	106
Hungría	600	Uganda	126
Irlanda	300	Zambia	125
Italia	8,463	Zimbabwe	1,100
Holanda	8,363	Total	5,697
Noruega	118	Asia	
Polonia	705	Australia	4,267
Portugal	240	China	122,581
España	7,617	Hong Kong	343
Suecia	209	India	65,000
Suiza	645	Japon	8,560
Reino Unido	7,670	Rep. de Corea	5,486
Total	54,109	Malasia	1,286
América del Norte		Filipinas	670
Canada	845	Singapur	162
Estados Unidos	25,290	Taiwán	12,010
Total	26,135	Tailandia	8,320
Centro y Sudamérica		Total	228,685
Brasil	10,285		
Colombia	5,906		
México	21,129		
Ecuador	3,155		
Costa Rica	4,500		
Rep. Dominicana	400		
Guatemala	605		
Total	45,980	Total Mundial	364,451

Fuente: ALPH / Union Fleurs: International Statistics Flowers and Plants 2004

Los nuevos participantes en el mercado mundial de las flores han mostrado gran interés por impulsar este sector, debido, en gran medida, a la fuerte demanda del producto a lo largo del año, que si bien es en ciertas épocas en las cuales se acentúa el consumo (San Valentín, Día de las Madres, cumpleaños, fiestas nacionales, entre otros), la venta de flores no ha dejado de mostrar una tendencia positiva en los últimos años (ASERCA, 2006).

El consumo de flores depende del nivel de ingreso de la población, los países con altos niveles de ingreso tienden a demandar una mayor cantidad de flores, pero no solo eso, sino que sus exigencias son mayores en cuestiones de calidad, de innovación, etc.

Como se observa en la Figura 2.1, los países con una tradición mas añeja en el mercado de flores son principalmente los europeos, como Holanda, Austria y Alemania, anexándose a esta lista Japón; en estado de madurez y consolidación se encuentran también países europeos, como Noruega, Francia, Dinamarca, Bélgica e Italia, así como los Estados Unidos de Norteamérica, mientras que con una situación de crecimiento se ubican México, Rusia, Polonia, España, Turquía y el Reino Unido; en tanto en pleno crecimiento se ubica un país que comienza fuerte en la competencia agrícola, como es China. Hasta el momento no se observan países latinoamericanos que tengan un mercado importante a nivel internacional, por lo cual se destaca la importancia de México en el entorno florícola, ya que se encuentra en un nivel importante y muy competitivo, además de ser punta de lanza para la producción y comercialización de plantas ornamentales, ya que cuenta con una gran diversidad de climas y ambientes ecológicos y geográficos que pueden tener efectos positivos en el desarrollo de la actividad florícola nacional e internacional.

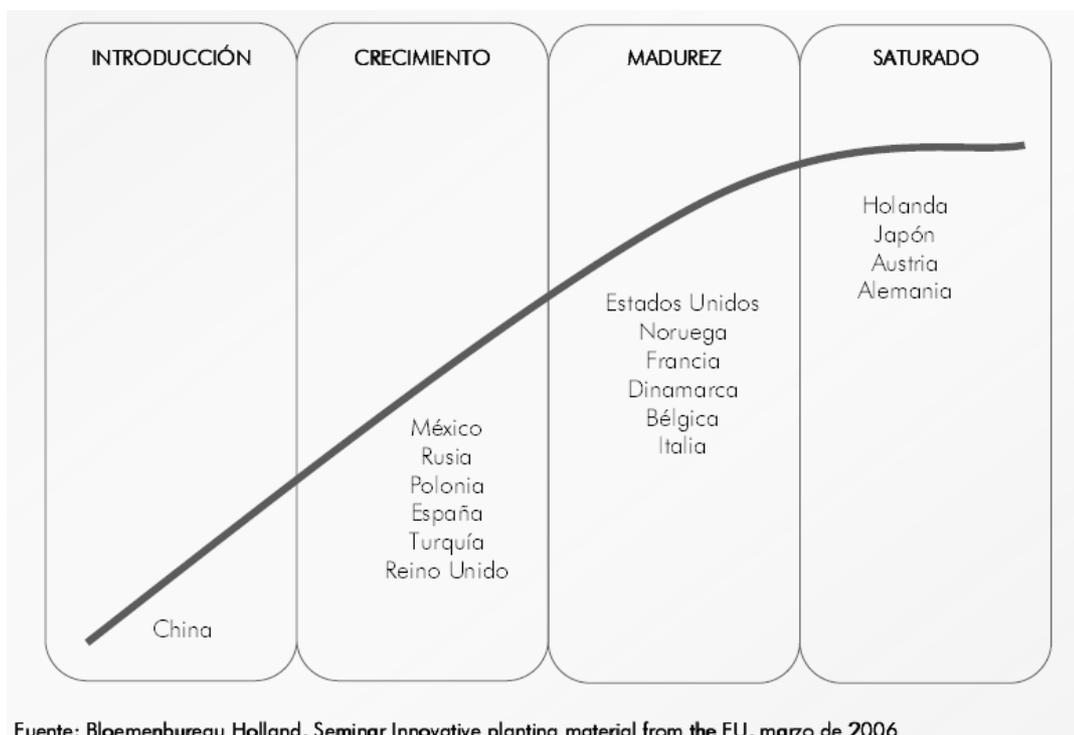


Figura 2.1. Situación del mercado de flores de corte en algunos países.

Hay que destacar que el comercio mundial de flores no solo se limita a las transacciones de flores frescas, sino que también ha tomado una gran importancia otros aspectos, tal es el caso de la comercialización de semillas mejoradas genéticamente, la tecnología y conocimiento para mejores técnicas de cultivo de los productores (el *Know-How*), el material de propagación, etc., donde países como Holanda juegan un papel relevante en este comercio, ya que se ha dedicado, en los últimos años, a desarrollar la tecnología de la floricultura y el cultivo de flores se está buscando en otros países (ASERCA, 2006).

La floricultura holandesa ha progresado enormemente gracias a varios factores que la caracterizan: Altamente intensiva, de gran calidad el producto final, altos rendimientos, utiliza los avances tecnológicos y genéticos más modernos, altos niveles de exportación a prácticamente todo el mundo, ya sea por la flor cultivada en ese país o en otros países, que primero importa Holanda y después re-exporta, fuerte apoyo gubernamental mediante educación, inversión y difusión de información del sector, actividad con altos niveles de innovación, gran cultura florícola del personal involucrado.

El Cuadro 2.4 muestra los estados mexicanos con una floricultura fuerte como son: Estado de México, Puebla y Morelos, captando la mayor parte del valor de la producción (casi tres mil quinientos millones de pesos), y Coahuila, con tan solo 2 has registradas tuvo un valor de producción de casi \$100 000. La mayor parte de los estados productores son la región Centro-Sur del país, razón por la cual en los mercados del Norte presentan costos variables en venta de especies ornamentales, debido principalmente a costos de transporte. De las principales especies producidas comercialmente tenemos cempoalxóchitl, gerbera, geranio, rosa, nochebuena, crisantemo, gladiola y Ave del Paraíso. De las primeras especies que se mencionan, pertenecientes a la familia de las compuestas, es bien conocida su presencia en los mercados nacionales. No se mencionan girasol ornamental, debido posiblemente, a la reducida superficie sembrada a nivel nacional, pero de acuerdo a las tendencias en cuanto a comercialización, puede ser un importante cultivo, ya que la variabilidad en formas, tamaños y colores de las flores resulta ser bastante atractivo.

Según las cifras mostradas por ASERCA (2006), obtenidas de SIAP/SAGARPA, el girasol ha ocupado (durante los años 1998-2003) en el Estado de México una superficie promedio de 5, 35, 80, 93, 108 y 144 Has, respectivamente para los años anteriormente mencionados, lo cual indica un constante aumento debido a las altas demandas que se están alcanzando en el mercado de las plantas ornamentales; las cifras de producción que se muestran por el mismo organismo indican que la producción de flores puede tener altos rendimientos, que traducidos a un buen precio de venta, pueden ser el medio de subsistencia de muchas familias. Durante los años 1998-2003, las cifras de rendimiento que se reportaron en el Estado de México fueron las siguientes: 3500; 24500; 53480; 76000; 49002 y 66340 toneladas, con los respectivos años mencionados anteriormente.

Cuadro 2.4. Estados de la Republica Mexicana productores de flor (2004).

ESTADO	Superficie sembrada (has)	Valor de la producción (pesos)	Principales cultivos
México	5 392.00	3 046 308 272.50	ave del paraíso, nardo, alhelí, dólar, liliun, stative, terciopelo, gerbera, Cempoalxóchitl, agapando, solidago, alstroemeria, inmortal, nochebuena, geranio, begonia, linaza ornamental, petunia, alpiste ornamental, cineraria, rosa (planta), Kalanchoe, Cyclamen, polar.
Puebla	3 628.00	297 832 822.72	Gladiola, Cempoalxóchitl, nube, plantas de ornato, alhelí, flores (gruesa), stative, crisantemo, rosa, rosa (gruesa), nochebuena.
Morelos	1 227.90	168 863 065.00	Gladiola, rosa (gruesa), nardo (gruesa), nochebuena, crisantemo, pasto (tapete), polar, Cempoalxóchitl.
S. L. P	809.5	9 344 050.00	Palma de ornato Camedor, flores, Cempoalxóchitl.
Guerrero	513	83 271 875.00	Gladiola, nardo, Cempoalxóchitl, margarita, pasto (tapete), terciopelo, nube, rosa, flor perrito.
Michoacán	476.4	72 565 251.40	Gladiola, Ave del Paraíso, Cempoalxóchitl, nube, rosa, Mano de León, Noche buena, inmortal, Gypsophilla.
Jalisco	476	28 935 949.25	Pasto (tapete), Ave del Paraíso
B. C.	465.2	99 556 640.47	Flor Cera, Palma de Ornato
Sinaloa	342	37 958 000.00	Cempoalxóchitl
Veracruz	276.75	11 417 590.00	Gladiola, Palma de ornato, Azucena, nardo, agapando.
Oaxaca	200	6 549 650.00	Cempoalxóchitl, gladiola
D. F.	175.7	219 574 742.00	Nochebuena, rosa, geranio, alhelí, clavel
Querétaro	80	16 120 791.95	Rosa.
Durango	42	2 000 000.00	Mano de León, Cempoalxóchitl, margarita.
Nayarit	23	3 350 000.00	Pasto (tapete)
Hidalgo	21.5	8 953 096.96	Cempoalxóchitl, rosa.
Sonora	21	1 706 200.00	Margarita
Tlaxcala	14	477 600.00	Cempoalxóchitl, rosa.
Yucatán	8.46	48 651.00	Crisantemo, margarita, rosa.
Guanajuato	6	80 700.00	Cempoalxóchitl.
Chihuahua	3	440 000.00	Crisantemo.
B. C. S	2	99 990.00	Plantas de Ornato.
Coahuila	2	88 500.00	Flores varias

Fuente: Sistema de Información Agrícola de Consulta 2004

*GEM, SEDAGRO, Unidad Sectorial de Información, 2004

En un estudio realizado por Tlahuextl *et al.* (2005) se revela que el Estado de Puebla es un importante consumidor de especies de flor de corte y follaje; esto lo determinaron mediante un cuestionario aplicado a través de entrevistas con los dueños de las florerías o encargados de ventas en seis mercados y 40 florerías. Las florerías de Puebla ofrecen mas especies de flores de corte que los mercados. Los precios de flores en los mercados son mas bajos, pero la calidad también es menor que en las florerías. Los mercados ofrecen varias especies de flores de corte provenientes de la producción a la intemperie (*Celosía cristata*, *Centaurea cyanus*, *Gladiolus sp.*, *Matthiola incana*, *Tagetes erecta*). Lo interesante es que tanto las florerías como los mercados tienen amplio surtido de follaje cortado de buena calidad.

La demanda de flores cortadas y el follaje en los pueblos de México depende principalmente de las fiestas (Salamanca *et al.*, 2001; Taboada *et al.*, 2001). Pero hay muchas otras ocasiones de compra de flores: agradecimientos, cumpleaños, enfermedades, graduaciones, etc. (Cuadro 2.5).

Cuadro 2.5. Preferencia de especies y colores en días festivos en Puebla, Pue.

Día festivo	Fecha	Especie	Color
Año Nuevo	1 de enero	Azucena (<i>Lilium</i>)	amarillo, anaranjado
		Gerberas (<i>Gerbera jamesonii</i>)	rosa, rojo, anaranjado
		Crisantemo (<i>Dendranthema x grandiflorum</i>)	blanco
		Rosas (<i>Rosa x tea</i> ; <i>Rosa x floribunda</i>)	rojo, rosa, blanco
San Valentín	14 de febrero	Gerberas (<i>Gerbera jamesonii</i>)	rojo, rosa, anaranjado
		Clavel (<i>Dianthus caryophyllus</i>)	rojo
		Rosas (<i>Rosa x tea</i> ; <i>Rosa x floribunda</i>)	rojo, rosa, blanco
Semana Santa	Una semana antes de Pascua	Alcatraz (<i>Zantedeschia aetiopica</i>) Azucena (<i>Hippeastrum x hortorum</i>)	Blanco
Día de las Madres	10 de mayo	Azucena (<i>Lilium</i> ; grupo asiático y oriental)	amarillo, anaranjado
		Clavel (<i>Dianthus caryophyllus</i>)	amarillo, blanco, rosa
Graduaciones	1-8 de julio	Crisantemo (<i>Dendranthema x grandiflorum</i>)	amarillo, blanco
		Azucena (<i>Lilium</i> ; grupo asiático y oriental)	amarillo, anaranjado, rosa
Día de Todos Santos y Fieles Difuntos	1-2 de noviembre	Cempasúchil (<i>Tagetes erecta</i>)	anaranjado, amarillo
		Nube (<i>Gypsophila paniculata</i>)	blanco
		Terciopelo (<i>Celosia cristata</i>)	rojo
		Alhelí (<i>Mathiola incana</i>)	morado, blanco
Virgen de Guadalupe	10-12 de diciembre	Alcatraz (<i>Zantedeschia aetiopica</i>)	blanco
		Azucena (<i>Lilium</i> ; grupo asiático y oriental)	amarillo, anaranjado, rosa
		Gerberas (<i>Gerbera jamesonii</i>)	rosa, rojo, anaranjado
Navidad	22-24 de diciembre	Gerberas (<i>Gerbera jamesonii</i>)	rosa, rojo, anaranjado
		Azucena (<i>Lilium</i> ; grupo asiático y oriental)	amarillo, anaranjado, rosa
		Nochebuena -en maceta- (<i>Euphorbia pulcherrima</i>)	rojo

Como se observa, predomina la venta de flores de color rosa, amarillo, naranja y rojo, principalmente. El girasol podría competir fácilmente en estos mercados, ya que aunque los pétalos florales del girasol son usualmente amarillos pueden variar de rojo a anaranjado, a amarillo muy pálido (alimonadas) o cercano al blanco (Cockerell, 1912; Leclerq, 1968; Skaloud y Kovacik, 1974; Fick, 1976), lo cual hace que esta especie pueda resultar muy atractiva en el mercado de flores de corte.

2.6.1. Forma de Venta de Flores

Las florerías ofrecen sus flores de corte, normalmente en arreglos. No se tiene la costumbre de vender o comprar un tallo floral o un pequeño manojito de flores, excepto los bouquets de boda (Taboada *et al.*, 2001).

2.6.1.1. Preferencias por Grupos de Edad en Compra de Flores

Algunas especies florales además de su atractivo físico (tamaño, forma, color) poseen un aroma agradable. Cada grupo de edad entrevistado por Tlahuextli *et al.* (2005) (18-35 años; 35-50 años y >de 60 años) tenía diferentes gustos. Para los jóvenes (18 a 35 años) lo más importante fue el color y tamaño del arreglo, que se prefiere informal, pequeño y no tan vistoso. Para personas de mayor edad fue importante el aroma de la flor y su simbología.

A los hombres les gusta gastar más en los arreglos grandes y llamativos. Las mujeres prefieren novedades y las flores que destacan por sus valores estéticos y armonía en los arreglos.

Comparando los resultados de Tlahuextli *et al.* (2005) con los de Leszczyńska *et al.* (1994) hay varios cambios. Se aumentó el número de especies tanto como flor de corte, así como de “relleno” y follaje. Entraron al mercado poblano como novedades: *Iris*, *Helianthus annuus*, *Tulipa*, nuevas variedades de *Lilium* y flores exóticas: *Helicornia spp.*, *Zingiber sp.* y *Zandeschia aethiopica*. Asimismo, como “relleno” de arreglos: *Aster* cv. Monte Casino, *Solidago sp.*, e *Hypericum sp.* (Cuadro 2.6).

Cuadro 2.6. Especies de flor de corte en florerías y mercados de Puebla, Pue.

Nombre científico	Nombre común	Nombre científico	Nombre común
Florerías		Mercados	
<i>Alstromeria x cultorum</i>	Alstromeria	<i>Celosia cristata</i>	Terciopelo; cresta de gallo
<i>Anthurium andreaeanum</i>	Anturio	<i>Centaurea cyanus</i>	Pincel
<i>Antirrhinum malus</i>	Perritos	<i>Dentranthema x grandiflorum</i>	Crisantemo
<i>Dendranthema x grandiflorum</i>	Crisantemo	<i>D. grandiflorum</i> ; tipo "Araña"	Spider
<i>D. grandiflorum</i> ; tipo "Araña"	Spider	<i>D. grandiflorum</i> ; tipo "Pompón"	Pompón
<i>D. grandiflorum</i> ; tipo "Pompon"	Pompon	<i>D. grandiflorum</i> ; tipo "Margarita"	Margarita
<i>D. grandiflorum</i> ; cv "Polar"	Polar	<i>D. grandiflorum</i> ; cv "Polar"	Polar
<i>Dianthus caryophyllus</i>	Clavel	<i>Dianthus caryophyllus</i>	Clavel
<i>Gerbera jamesonii</i>	Gerbera	<i>Gerbera jamesonni</i>	Gerbera
<i>Helianthus annuus</i>	Girasol	<i>Helianthus annuus</i>	Girasol
<i>Heliconia spp.</i>	Hawaiana	<i>Hippeastrum x hybridum</i>	Azucena
<i>Hippeastrum x hybridum</i>	Amarilis; azucena	<i>Lilium longiflorum</i>	Lirio; azucena
<i>Iris x hollandica</i>	Iris, lirio	<i>Lilium cv. Star Gaizer</i>	Star Gaizer
<i>Liatris spicata</i>	Liatris	<i>Matthiola incana</i>	Alhelí
<i>Lilium cv. Acapulco</i>	Acapulco	<i>Polianthes tuberosa</i>	Nardo
<i>Lilium cv. Casa Blanca</i>	Casa Blanca	<i>Strelitzia reginae</i>	Ave del Paraíso
<i>Lilium cv. Star Gaizer</i>	Star Gaizer	<i>Tagetes erecta</i>	Cempoalxóchitl
<i>Lilium longiflorum</i>	Lirio; Azucena	<i>Zantedeschia aetiopica</i>	Alcatraz
<i>Orchidaceae</i>	Orquideas		
<i>Rosa x tea y R. x floribunda</i>	Rosa		
<i>Strelitzia reginae</i>	Ave del Paraíso		
<i>Tulipa sp.</i>	Tulipan		
<i>Zantedeschia aetiopica</i>	Alcatraz		

2.7. Usos del Girasol como Planta Ornamental

La utilización del girasol como ornamental no es nueva. Cuando se introdujo en Europa procedente de América, de donde es originaria, su primer uso fue el de la planta ornamental en los jardines de la época. Al poco tiempo de su introducción, la planta se cultivaba en los Reales Jardines Botánicos de Madrid, a partir de ese año abundan las referencias del girasol que lo sitúan en Italia, Francia, Alemania, etc.; el tamaño y la hermosura del capítulo determinaron que esta planta fuera muy apreciada, durante casi doscientos años, después de haberse introducido y difundido en Europa (Melgares, 2001; Concilco, 2004).

Existen mas de 33 cultivares especialmente desarrollados para el propósito ornamental, y nuevas variedades que ofrecen numerosas alternativas en cuanto tamaño, capítulo, color de flores centrales, aspectos diferentes (Concilco, 2004). El

girasol, es uno de los cultivos mas importantes del mundo, de acuerdos con los requerimientos biológicos, este encuentra buenas condiciones de producción desde el nivel del mar hasta 1800 msnm, (Villarroel, 1989).

Beard (1981) explica que de otras varias especies de *Helianthus* que se cultivan, pero en una escala menor, probablemente la mejor conocida, entre ellas es la Alcachofa de Jerusalem (*H. tuberosus* L.), una planta perenne nativa de Norteamérica que es cultivada como planta ornamental y por sus tubérculos frescos, los cuales la gente cocina y come. Otras especies cultivadas principalmente como ornamentales son *H. argophyllus*, el girasol de hoja plateada; *H. maximiliani*, Girasol Maximiliano; *H. salicifolius*, girasol de hoja esbelta; *H. debilis*, girasol de playa o de hoja de pepino, dependiendo de las subespecies; *H. petiolaris*, girasol de planicie; *H. rigidus*, girasol tieso, y *H. atrorubens*, girasol de ojo oscuro.

2.7.1. Flor de Corte

El girasol, como flor de corte, se ha sumado a la lista comercial de flores como un cultivo popular y confiable, su vida de florero esta determinado por la senescencia de sus hojas mas que por la de la flor, ya que estas tienden a secarse y decolorarse de tres a cinco días después de la cosecha (Concilco, 2004).

El girasol ha alcanzado en los últimos años una amplia difusión como flor de corte y podría ser una buena alternativa en poco tiempo como especie ornamental, como flor de corte ha alcanzado una amplia difusión en Japón, Europa y Estados Unidos (Concilco, 2004).

La producción de flor de corte se puede extender por un periodo más largo de siembra escalonada y mediante la selección cuidadosa de los cultivares, así como el cultivo bajo invernadero, mientras que la producción en maceta es posible durante todo el año (Concilco, 2004).

Medina (2000), menciona que los cultivares producidos por la UAAAN entre los que se encuentra el SANE, se ha utilizado para la producción de grano, pero también muestra potencial para ser empleado como flor de corte, aunque la altura de la planta no es apta para el mercado de exportación, pero si para satisfacer el mercado nacional.

Colinas (2003) señala que en el caso particular de la flor de corte, en relación a la etapa de post-cosecha, los aspectos a considerar para evaluar el potencial comercial de una especie para flor de corte, son los siguientes:

- Largo y grosor del tallo.
- Forma, tamaño, características de apertura y color de la flor.
- Duración en florero, considerando a la flor o inflorescencia, además del follaje, en caso de estar presente.
- Tolerancia al manejo, almacenamiento y transporte.

2.7.2. Planta en Maceta

Las variedades de girasol tienen un excelente potencial ornamental entre sus especies, las cuales han sido poco aprovechadas. Se debe hacer un esfuerzo y empezar a hacer colectas y seleccionar material para su mejoramiento genético, y que puedan ser utilizados en la producción para jardines, de flor cortada o como plantas en macetas (Concilco, 2004).

En los Estados Unidos, las plantas de flor en maceta representan el 21% del total de la producción de cultivos ornamentales, es decir que el 16% lo ocupan las plantas de follaje, 13% para flor de corte, 47% es para las Nochebuenas, Crisantemo 32%, Violetas africanas 12%, Azalea 3%, Kalanchoes 7%, Lirios 2% y Orquídeas 9%. (Millar, 1998).

En la industria del vivero, la planta en maceta alcanza una longitud excesiva. Esto se puede evitar con retardantes de crecimiento de las plantas, ya que estos controlan la elongación vegetativa y así obtener plantas compactas en maceta y reducir el índice de pérdidas y obtener mejores resultados en la comercialización de las plantas (Lozoya *et al.*, 1991).

Nell y Hoyer (1995) señalan que en el caso de las plantas con flores con potencial para que se utilicen en maceta, la evaluación es muy diferente al de flores de corte, en primer lugar indican que debe emplearse el término de post-producción considerándose más conveniente que el de post-cosecha utilizado para las flores de corte. En las plantas para maceta debe de considerarse la longevidad con base al desarrollo continuo de toda la planta o sea, tallos, hojas, flores, brácteas y raíces. La senescencia prematura de hojas, brácteas o flores puede afectar negativamente la calidad de la planta. También señalan que es muy importante evaluar el comportamiento de la planta durante el transporte y también del etileno sobre la planta.

2.8. Variedades

De acuerdo a los catálogos de variedades de girasol disponibles en Internet, se pueden encontrar diferentes tipos y características; por ejemplo, la compañía Seedsense publica su catálogo de 34 variedades que incluye diferentes colores de disco, desde el chocolate (Starburst Lemon Éclair, con color de pétalo limón, flor doble y hábito ramificado, diámetro de flor de 12.5 cm. y una altura de planta de 1.20 m).

Los genotipos con disco floral oscuro de hábito ramificado, incluyen formas de flor doble como Starburst Blaze (pétalos rojos con puntas limón), Starburst Panache (pétalo dorado), Double Dandy (pétalos rojos), Indian Blanket (pétalos rojos con puntas limón) y The Joker (pétalos rojos con puntas amarillas). Estos materiales poseen diámetros florales desde 10 a 15 cm.

Aquellas variedades con disco oscuro y ramificaciones, pero con formas de flor sencilla son Moulin Rouge (pétalo rojo oscuro), Junior (pétalo dorado), Bashful (pétalos

limón rojizos), Firecracker (pétalos rojo caoba y puntas amarillas), Sundown (pétalos rojizos, amarillos y limón), Gold Rush (pétalos naranja), Chianti (pétalos rojos), Infrared (pétalos rojo caoba, rojo, bicolor), Cherry Rose (pétalos rojos con ligeras puntas amarillas), Ruby Eclipse (pétalos rojo rubí, con puntas limón), Terracota (pétalos rojo óxido), Moon Shadow (pétalos blancos con matices rosas); las variedades con hábitos verticales comprenden a Pro Cut Lemon (pétalos limón cremoso), Mini-sun, Stella Gold y Sunny (pétalos dorados), Pro Cut Bicolor (pétalos rojo caoba con puntas amarillas), Pro Cut Orange (pétalos naranja), y Summerlime (pétalos amarillo vibrante). Estas variedades tienen un rango de 10 a 17.5 cm. de diámetro de capitulo.

Aquellas con disco floral verde se distinguen por tener pétalos color amarillo dorado con flores dobles (Golden Cheer, Starburst Aura [ramificadas]) y Double Quick [vertical]). Starburst es una variedad con pétalos color limón y flor doble. Las variedades con disco color verde y flores sencillas, de hábito ramificado, son Jade (pétalo verde lima), Peach Passion (pétalos color durazno) y Munchkin (pétalos amarillos), con diámetros de 7.5 cm. a 12.5 cm.

La ultima variedad del catálogo es de tipo ramificado con disco amarillo y flor sencilla, el pétalo consta de un color chabacano y 12.5 cm. de diámetro de capitulo (Apricot Twist).

El periodo de cultivo abarca de 45 a 65 días después de la siembra. Todos los híbridos mencionados carecen de polen. (SeedSense, 2004).

Otras variedades mencionadas y descritas por Moreno (2000) son:

De California flor doble. Esta variedad tiene un tallo menor que no pasa de 1.50 metros. Las flores son grandes y dobles, globosas, fistuladas. Es la más atractiva de las variedades cultivadas. Los pétalos cilíndricos y huecos confieren a las flores la forma de una bola.

Doble multifloral. Se diferencia de las demás porque sus tallos en vez de ramificarse y tener las flores en la punta de las ramas, tienen forma piramidal y se desarrolla en la intersección de las hojas.

Moreno (2000), menciona las distintas variedades de flores de girasol: variedades altas (200-300 cm. aprox.), Russian Giant, Russian Mammoth, Uniflorus Giganteus y Bismarckianus, todas de flores amarillas, presentan las flores más grandes. La Evening Sun mide de 180 a 200 cm. y presenta flores en cortina de color rojo marrón.

Variedades semialtas. (100 a 180 cm., aprox.) – Holliday, Henry Wilde, Taiyo, Sungold (doble), Tohoke Yae (doble sin brácteas), Dominio (sin brácteas) y Prado Gold, tienen flores amarillo dorado y todas son muy tradicionales, presentan flores marrones rojizas con el centro oscuro; Floristan tiene pétalos rojos marrón inclinados con amarillo; Sonja y Orange Sun (flores dobles) vienen en cortinas naranjas. Italian White, Valentín y Moonshine/Luna, presentan flores de color amarillo y blanco cremoso. Sumburst y Autumn Beauty presentan flores con cortinas rojas, con marrón bronce e inclusive bicolores.

Los híbridos cultivados especialmente para el comercio de la flor de corte incluyen a Sumbeam (200 cm.), disco de color verde y no producen polen (Androestériles). Sunbright (170 cm.) no presenta brácteas, no produce polen y se usa en producciones bajo invernadero. Eversun Golden Yellow para cultivo a cielo abierto y Golden Ball presenta flores dobles y ramificadas.

Variedades enanas. También utilizada para la producción de planta en maceta (de 30 a 80 cm.), Sunspot (flores largas), Big Smile y Pacino presentan flores amarillas (30 a 60 cm.), Teddy Bear es una variedad de flores completamente dobles y de la misma altura que las anteriores o un poco menor; Music Box es una variedad alta, presenta ramificado (80 cm.) con flores de 10 cm., color caoba y marrón con amarillo cremoso con el centro negro.

Variedades tempranas o precoces. Estas variedades florecen de los 50 a 70 días y en ellas se incluyen, Big Smile, Sunbeam, Sunbright y la serie Sunrich; Sungold de flores grandes amarillas, variado, con flores y color mezclado.

2.9. Mejoramiento Genético

Fick (1978) explica que los mayores objetivos del mejoramiento en girasol incluyen mejorar el rendimiento de semilla, precocidad, altura reducida de planta, uniformidad del tipo de planta, y resistencia a enfermedades e insectos. Obtener altos porcentajes de aceite es un fin en la semilla para aceite; la uniformidad en tamaño de semilla, forma y color son objetivos importantes en mejoramiento y selección de girasol no aceitero. El énfasis sobre objetivos específicos difiere para varias áreas de producción y para diferentes programas de mejoramiento.

Paralelamente a la explotación de potenciales genéticos, los programas de selección para la formación de híbridos también estudian la adaptación de genotipos al ambiente. Es así como de los programas de selección se han desarrollado pools genéticos tolerantes a la sequía o con buena respuesta a la fertilización (Roche, 2005).

Debido a su estructura floral, el girasol se cataloga como una planta alógama, por tal razón, con ciertas modificaciones se utilizan los métodos de mejoramiento descritos para este tipo de plantas (Fick, 1978; Robles, 1985). En general, el mejoramiento en girasol se puede orientar a la producción de híbridos o a la formación de variedades de polinización libre. Esto induce a la utilización de dos métodos clásicos de mejoramiento: la hibridación y la selección recurrente (Brauer, 1976; Saumell, 1980).

Allard (1967) señala que la finalidad de la mayoría de los mejoradores de plantas es un aumento del rendimiento, y que la obtención de variedades mejoradas para nuevas zonas de cultivo ha sido una de las contribuciones más importantes de la mejora genética de plantas. Otra contribución que ha hecho la mejora genética de las plantas ha sido la mejora para ciertos caracteres agronómicos.

Para un programa de mejoramiento lo habitual es que éste integrado por el uso de distintos métodos de tratamiento y conducción del material (Saumell, 1980).

Desde el punto de vista del mejoramiento genético, son pocos los esfuerzos que se han volcado a nivel mundial hacia la obtención de cultivares de girasoles ornamentales. En el año 1990, se introdujo desde el Banco de Germoplasma de Iowa, Estados Unidos, una variedad cultivada de *H. annuus*, cuyas plantas tienen varios capítulos, con variabilidad para el color de las flores sexuales y liguladas, de los tallos y de los pecíolos, para ser evaluada en la Unidad Integrada de Balcarce (UIB). Los estudios genéticos determinaron que esta variedad posee genes que restauran la fertilidad del polen en las plantas androestériles con el citoplasma PET1 pero no tiene genes que restauran la fertilidad del polen de las plantas androestériles con el citoplasma RES1. Este citoplasma que produce androesterilidad fue identificado en la UIB, a partir de un cruzamiento entre el girasol cultivado y la especie perenne hexaploide *H. resinosus*. Hasta el presente, no se han encontrado en el girasol cultivado los genes restauradores de la fertilidad del polen de las plantas que tienen el citoplasma RES1, por lo cual todos los genotipos que lo poseen no producen polen. (Rodríguez *et al.*, 2005).

2.9.1. Selección

Se define como selección a la actividad de escoger los tipos mas destacados y desechar aquellos que no se requieran de acuerdo con las características deseadas. Esto después de un periodo de pruebas, durante las que se hace la selección de plantas conforme a ciertos tipos o características. Sin embargo, el mejoramiento por selección no puede lograrse a menos que la variedad en la que se hacen selecciones se encuentren algunas plantas con las características deseadas. Aun más, el mejoramiento por este método no es posible a menos que las cualidades de los tipos superiores de plantas, puedan ser distinguidas fácilmente (Delorit y Ahigren, 1970).

2.9.1.1. Selección Masal

La selección masal ha sido eficaz para modificar el tipo de planta, la precocidad, las características del grano y la composición química; como resultado de la selección para características específicas se han obtenido nuevas variedades para satisfacer la demanda de necesidades específicas, como la creación de variedades con propósitos especiales, como el ornamental (Poehlman, 1983).

2.9.1.2. Selección Recurrente

Implica en cierto grado el uso de la endogamia y la hibridación. Sin embargo, la base teórica y más aun el procedimiento directo de manejar las poblaciones son considerablemente diferentes a los métodos de formación de líneas y formación de híbridos. La selección recurrente puede considerarse como un método para obtener híbridos múltiples o sintéticos (Jenkins, 1935; 1954), después de seleccionar plantas que se autofecundan una sola vez. La autofecundación de una sola vez no conduce a las homocigosis, sino que separa la mayor parte del genotipo correspondiente a la misma planta. Después que las líneas se han seleccionado y autofecundado, se cruzan entre si para formar una nueva población, en la cual se repetirá el ciclo de selección.

Valenzuela *et al.* (1992) indican que la selección recurrente entre líneas S_1 ha sido empleada para el mejoramiento de poblaciones de girasol cuando los objetivos han sido incrementar el rendimiento, el porcentaje de aceite y la derivación de líneas homocigóticas para usarse en programas de hibridación.

2.9.2. Endogamia

La endogamia como método para mejorar el girasol se utiliza desde principios de los años 20's. Cardon (1922), describió la variación que ocurrió en la variedad "Mammoth Russian", y considero que por el alto grado de autoesterilidad sería difícil el mejoramiento a través de líneas autofecundadas. Hamilton (1926), sin embargo, reportó

que la autoesterilidad no era completa, y que muchas líneas cuando se autofecundan producen del 15 al 50% de la semilla que se produce a través de la polinización cruzada. Tres generaciones de autofecundación incrementaron la uniformidad y decreció la altura de la planta. Solo ciertas líneas retuvieron excelente vigor, altura y rendimiento, indicando que la endocría era un método prometedor para el mejoramiento del girasol.

2.9.2.1. Desarrollo de Líneas

Diferentes métodos se utilizan para la formación de líneas puras, pues depende de la población base y de los objetivos del mejoramiento. El procedimiento más común implica la selección individual dentro de poblaciones de polinización libre o de generaciones segregantes de cruza previamente planeadas.

Las plantas que son fenotípicamente deseables son autofecundadas; en la cosecha, se descartan aquellas que muestran características indeseables como el acame, susceptibilidad a enfermedades y otras. La progenie de la planta seleccionada, se cultivan en el siguiente ciclo agrícola y son autofecundadas nuevamente. Después se selecciona entre y dentro de las progenies. Únicamente las mejores plantas de las mejores progenies son seleccionadas para ser autofecundadas. Este proceso inicia de dos a cinco generaciones, antes de ser probada para su aptitud combinatoria general (Fick, 1978).

2.9.3. Hibridación

Consiste en la formación de líneas puras, selección de las mejores combinaciones y el uso de las líneas que mejor combinen como progenitores de los híbridos (Sprague, 1946), las cuales deben poseer características deseables, Aptitud Combinatoria, en lo posible floración simultánea, y manifestación del vigor híbrido (Saumell, 1980).

La hibridación es un método de mejoramiento genético con mayor eficiencia en la producción de alógamas, como el maíz, ya que los resultados reflejan un incremento marcado en productividad sobre los niveles de rendimiento que las variedades de polinización libre, debido a que se explota directamente el fenómeno del vigor híbrido o heterosis (CIMMYT, 1987).

El objetivo inmediato de la hibridación, es la producción de ejemplares que presenten nuevas combinaciones o agrupaciones de caracteres y con mayor vigor (De la Loma, 1954; Allard, 1967), en un solo genotipo partiendo de genes favorables de dos o más genotipos diferentes (Allard, 1967).

Allard (1967) y Poehlman (1983) mencionan que el vigor híbrido se define como el incremento en tamaño o en vigor de un híbrido con respecto a sus progenitores. También se propuso el término heterosis para denotar el incremento en tamaño y vigor después de los cruzamientos.

La hibridación de líneas puras para producir híbridos de altos rendimientos o sintéticos es el objetivo principal en los programas de mejoramiento de girasol, los cuales están diseñados para maximizar la heterosis

Mucho del interés en los programas de mejoramiento en los Estados Unidos involucra el desarrollo de líneas puras para su uso en híbridos de cruce simple. Los híbridos simples tienen ventajas sobre los híbridos triples y variedades de polinización libre (PL) o sintéticos a causa de una mayor uniformidad para caracteres agronómicos, enfermedades y aceite en la semilla.

Los híbridos de tres vías, a pesar de su alta heterogeneidad genética, generalmente han sido considerados mas estables sobre el ambiente que las cruces simples (Fick, 1978).

Schoeman (2003) discute que en África, la inestabilidad de híbridos de girasol crea dificultades en selección en programas de mejoramiento, ya que la mayoría de las

decisiones están basadas en información limitada de uno o dos años con un sencillo análisis del sitio, sin tomar en cuenta las interacciones G x A.

Reyes *et al.* (2005) mencionan que la hibridación entre germoplasma silvestre y domestico ha sido ampliamente usada para el mejoramiento genético del girasol. Por ejemplo, la mayor fuente de androesterilidad citoplásmica proviene de un girasol anual silvestre: *Helianthus petiolaris*. Por otro lado, los mejoradores de girasol han usado exitosamente una amplia variedad de germoplasma como fuente de resistencia a plagas y enfermedades.

2.10. Heredabilidad

La heredabilidad es un parámetro que expresa la proporción de la varianza total que es atribuible a los efectos promedio de los genes y esto determina en parte el grado de parecido entre parientes. La función más importante de la heredabilidad en el estudio de los caracteres métricos, es que expresa la confiabilidad del valor fenotípico, como indicadores del valor productivo; y es el valor productivo de un individuo lo que determina su influencia en la siguiente generación (Becker, 1986).

Las especies silvestres de girasol presentan una amplia variación para caracteres tales como altura, ramificación, tamaño de la hoja, vigor de plántula, resistencia a heladas, días a floración y diseminación de la semilla, que pueden ser valiosos para la creación de nuevas variedades. Son fuente de resistencia a enfermedades, como royas negra y blanca, podredumbre del tallo y capítulo, mildiú, cáncer del tallo, *Verticillium*, podredumbre por *Botrytis* y otras. Asimismo tienen resistencia a insectos y a la planta parásita cuscuta (Cantamutto y Poverene, 2002).

El flujo génico entre girasol cultivado y *H. annuus* silvestre se manifiesta en el porte de la planta, mayor tamaño del capítulo y predominancia del tallo principal. Variaciones en el color del pericarpio, desde el tipo maculado bronceado, pasando por aquellos con mayor predominancia del blanco o negro hasta totalmente negro ponen de manifiesto intercambio genético con el tipo cultivado (Cantamutto y Poverene, 2002).

El flujo génico entre el girasol cultivado y el silvestre ha sido documentado en su centro de dispersión, donde varias especies silvestres del género *Helianthus* se comportan como malezas y dan origen a poblaciones híbridas con el girasol (Heiser, 1947; Whitton *et al.*, 1997; Linder *et al.*, 1998; Snow *et al.*, 1998; Rieseberg *et al.*, 1999). La polinización es favorecida por insectos. *H. annuus* silvestre hibrida fácilmente con el girasol cultivado, ya que se trata de la misma especie y se han comprobado cruzamientos a distancias superiores a los 1000 m en México (Arias y Rieseberg, 1994).

Faure *et al.* (2002) mencionan, en uno de sus trabajos, que para obtener líneas con introgresión en girasol para mejoramiento en resistencia a enfermedades, las cruzas interespecíficas fueron realizadas con especies perennes introducidas. Reportaron varias características inusuales mostradas por esas plantas híbridas. Las características fenotípicas y los marcadores de ADN fueron investigados en 97 plantas derivadas de la polinización cruzada entre girasol cultivado diploide anual (*Helianthus annuus*) y las especies perennes diploides *H. mollis* o *H. orgyalis*, y sus cruzas recíprocas. El nivel de hibridación en la progenie fue determinada usando marcadores RAPD y RFLP. Todas las plantas observadas derivadas de *H. mollis* fueron diploides ($2n=34$). Los fenotipos fueron predominantemente similares a la hembra cuando el girasol cultivado fue el progenitor femenino. La progenie de cruzas usando una especie silvestre como el progenitor hembra se parece al progenitor. Entonces, las cruzas recíprocas condujeron a diferente progenie. La progenie hermana F_1 compartió diferentes juegos de marcadores moleculares representando un poco de las especies silvestres usadas como donadores de polen. Los resultados indicaron que los mecanismos llevan eventos inusuales de hibridación parcial.

En 1971, Ramírez realizó cruzas entre la variedad VNIIMK 1646 (♀) con girasol silvestre (♂), encontrando que las plantas resultantes manifestaron mayor tendencia fenotípica hacia los caracteres del progenitor de girasol silvestre. En la primera retrocruza existió una gran segregación, pero los caracteres diámetro del capítulo y ramificación tendieron a ser más o menos intermedios a los de los progenitores originales. En la segunda y tercera retrocruza se manifestó mucha segregación, pero se lograron seleccionar plantas de un tallo sin ramas y capítulos casi iguales en diámetro a

los del progenitor recurrente (girasol cultivado). La técnica de polinización fue por frotamiento de capítulos y para la determinación en las generaciones segregantes cuales eran plantas realmente producto de la cruce deseada, se empleo el carácter de tallo y pecíolo morados como “carácter marcador”, característico del girasol silvestre; el girasol cultivado manifiesta color verde.

2.11. Genética del Girasol

La variación genética a través de caracteres asociados con el crecimiento de la planta y los resultados morfológicos o diferencias fisiológicas sirven como base para el desarrollo de líneas y variedades con características agronómicas mejoradas. La variación de caracteres como la altura de planta, floración y madurez son usados particularmente ya que permiten el desarrollo de tipos adaptados a ambientes específicos o regiones agroclimáticas. La variación de otras características como el color del tallo o la hoja, forma de la hoja y número de hojas es de menor valor aparente, sin embargo, algunas de esas características pueden ser correlacionadas con características de importancia económica directa o puede ser usada en estudios de genética básica (Fick, 1978).

El tamaño de la hoja, número de hojas y total de área foliar por planta pueden ser influenciados por factores ambientales, aunque la variación genética significativa ha sido reportada. Los resultados de Ventslavovich (citado por Fick, 1978) indican un rango de tamaño de hojas, medido por longitud, de 8 a 50 cm. y un rango de número de hojas por planta de 8 a 70. Las cruces entre líneas con diferente número de hojas por planta muestran en gran parte una distribución continua en la generación F_2 , lo cual sugiere primeramente herencia cuantitativa. Cierta evidencia de estimaciones de que heredabilidad es alta hasta un 94.4% ha sido obtenida, indicando que el número de hojas por planta es altamente heredable en algunas cruces (Fick, 1978).

El total de área foliar por planta, el cual depende del tamaño de hoja y el número de hojas por planta, varía ampliamente entre genotipos. Vrevalov (1975) encontró casi el doble de diferencias con valores de 4 524 a 8 577 cm.² / planta entre

siete variedades y diferencias de alrededor de siete veces con valores que van desde 1,566 a 11 150 cm.² / planta entre 47 líneas puras. La heredabilidad obtenida de una evaluación de líneas puras y sus híbridos F₁ fue 57.8%. Shabana (1974) reportó estimaciones de heredabilidad de 88.8% para área foliar por planta y un alto avance genético esperado, así que sugiere importancia relativa de los efectos génicos aditivos.

Existe una amplia variación para los tipos de ramificación, longitud y número de ramas en girasol. La herencia de ramificación es compleja aunque algunos genes con efectos mayores han sido identificados. Putt (1940) identificó un gen dominante simple, el cual fue designado *Br*₁ para la ocurrencia de ramificación sobre la longitud entera del tallo. Putt (1964) reportó, después, que en contraste con la mayoría de los tipos de ramificación, la ramificación profusa en la línea 953-88-3 fue recesiva a no ramificada y heredada monogénicamente. Él designó al gen como *b*. Hockett y Knowles (1970) identificaron cuatro genes para ramificación en un estudio que clasificó los tipos, como se describió en la ramificación de la sección de anatomía. Los cuatro genes identificados fueron el gen dominante *Br*₂ para ramificación superior, los genes duplicados dominantes *Br*₂ y *Br*₃ del padre de tipo silvestre, y los genes recesivos *b*₂ y *b*₃ los cuales dan un fenotipo completamente ramificado solo cuando ambos genes son homocigotos. Genes dominantes y recesivos controlan la herencia de ramificación (Miller y Fick, 1997). Dos genes complementarios dominantes están reportados en el control de la ramificación en especies silvestres de girasol (Fernández-Martínez y Knowles, 1982; Kovacik y Skaloud, 1990; Terzić *et al.*, 2006).

Las cruces entre plantas generalmente producen plantas altas en la generación F₁ (Unrau, 1947; Putt, 1966) y muestran una distribución continua en las generaciones F₂ (Gundaev, 1971). Pathak (1974), Kloczowski (1971) y Shabana (1974) reportaron una estimación de heredabilidad en sentido amplio del 20, 49, y 90%, y del 20.4 al 37.5 % de heredabilidad en sentido estrecho.

Unrau (1947) y Putt (1966) reportan que, con unas pocas excepciones, los días a floración de híbridos F₁ fueron precoces y más precoces que los progenitores. Entonces, sugirieron que la floración precoz fue dominante sobre la floración tardía.

Varios híbridos también tienen días a floración intermedios entre los dos progenitores; los resultados indican que el tipo de acción génica asociada con los días a floración es dependiente de los genotipos que estén siendo estudiados. La heredabilidad de floración es relativamente alta como lo indican las estimaciones de heredabilidad en sentido amplio de más del 90% (Shabana, 1974), y los coeficientes de correlación de 0.86 y 0.91 entre días a floración de líneas puras y sus híbridos (Russell, 1953).

El tamaño del capítulo es influenciado altamente por los efectos ambientales, especialmente por la densidad de plantación, humedad del suelo y fertilidad del suelo. Entonces, la porción de la variación total en el tamaño del capítulo atribuible a los efectos genéticos a veces es menor que lo que es para otras ciertas características agronómicas. Kloczowski (1975) y Pathak (1974) reportaron estimación de heredabilidad en sentido amplio de 22 y 44%, respectivamente. Russell (1953) encontró un coeficiente de correlación positiva de 0.40 entre tamaño de capítulo de líneas puras y sus cruza híbridas.

Los pétalos florales del girasol son usualmente amarillos pero pueden variar de rojo a anaranjado o amarillo muy pálido (alimonadas) o cercano al blanco. Estudios sobre la herencia del color de la flor indicaron que las mayores diferencias son controladas por unos pocos genes con amplios efectos. Cockerell (1912) sugirió que un gen simple dominante controlaba el color rojo de la flor. Fick (1976) concluyó que dos genes independientes complementarios dominantes controlaban el color rojo, pero el anaranjado, alimonadas y algunas líneas amarillas pueden poseer uno de los genes para color rojo. Leclercq (1968) reportó que el color amarillo de la flor fue dominante al anaranjado, y que la segregación en F_2 y poblaciones retrocruzadas mostró control monogénico. Skaloud y Kovacik (1974) concluyeron que el alimonado fue heredado como una característica recesiva monogénica en cruza de anaranjado x alimonado y amarillo x alimonado. Las cruza realizadas por Fick (1976) entre líneas amarillas, anaranjadas, y alimonadas indicaron que el amarillo fue dominante al anaranjado, el alimonado mostró epistasis recesiva al amarillo y naranja, y que dos genes fueron involucrados. La interacción de esos dos genes en cruza de amarillo x alimonado produjo rangos de segregación en F_2 de 9 amarillas: 3 naranjas: 4 alimonadas. En

cruzas de amarillo x anaranjado y anaranjado x alimonado ocurrió la segregación en F₂ para un solo gen.

Los estigmas del disco floral también pueden presentar varias intensidades de pigmentos antociánicos aunque no aparezcan en otras partes reproductivas o vegetativas de la planta. Luczkiewicz (1975) reportó que la presencia de antocianina en el estigma fue dominante sobre su ausencia, y postuló que tres genes independientes con efectos acumulativos controlan la variación en el color del estigma.

Las anteras pueden variar en color de amarillo a café a diferentes formas de negro. Stoenescu (1974) indicó que el color amarillo fue heredado como un gen simple recesivo en una cruce de una línea con las usuales anteras negras. Luczkiewicz (1975) sugirió que a lo mucho cuatro genes son responsables para las diferentes formas de café y negro. El color amarillo normal del polen de las anteras es controlado por un gen dominante simple en cruces de líneas con polen amarillo tenue o cercano al blanco (Stoenescu, 1974).

Otras variaciones morfológicas en el tipo de flor también parecen ser herencia simple. Luczkiewicz (1975) reportó que la longitud de los pétalos florales ligulados fue controlada por dos genes dominantes complementarios independientes con los pétalos cortos mostrando epistasis recesiva a los pétalos largos normales. Él también sugirió que dos genes complementarios dominantes producen tipos con un número reducido de flores liguladas. Fick (1976) identificó plantas de tres diferentes fuentes que tenían pétalos florales tubulares largos, dos tipos que tenían túbulos florales muy cortos y uno que tenía flores tubulares de longitud normal. Cada uno es controlado por un gen simple recesivo. Cruces del tipo "crisantemo" de girasol, en el cual las flores del disco son completamente liguladas, mostraron que esta característica es dominante en la F₁. Luczkiewicz (1975) indicó que un gen simple dominante está involucrado, mientras que Fick (1976) sugirió que un mínimo de dos genes controlan el tipo "crisantemo". Fambrini *et al.* (2003) indican que la mutación Crisantemoide (Chry) es semidominante y excluye influencia maternal. Asimismo, los datos obtenidos en progenies F₂, CB₁ y F₃ apoyan un modelo genético que involucra un locus mayor y un número desconocido de

modificadores; explican que el conocimiento del mejoramiento sobre el control genético de la mutación Chry debe ayudar a la introducción de ésta característica en los programas de cruzamiento diseñados para producir nuevas variedades de girasol ornamental.

Cirnu *et al.* (1974) reportó variación genética significativa en la longitud y diámetro de la corola tubular del disco floral, una característica que puede tener un efecto sobre las atraktividad o accesibilidad de néctar a los insectos polinizadores.

2.12. Variabilidad en Plantas

Una de las primeras cosas que impresiona al visitar un campo de fitomejoramiento es la variabilidad que presenta. De surco a surco o de parcela a parcela pueden observarse diferencias en algunos caracteres como altura, grado de desarrollo, vigor y uniformidad. Para el fitomejorador, la estadística y sus aplicaciones al material biológico deben ser necesariamente una importante parte del mejoramiento. Sin embargo, es necesario catalogar y sumarizar esta variabilidad mediante escalas diversas para su tratamiento en los procedimientos estadísticos disponibles para ello (Briggs y Knowles, 1967).

2.12.1. Escalas de Variabilidad

Cuando la variabilidad entre plantas puede ser fácilmente asignada a unas pocas clases, se habla usualmente de una variación cualitativa. Estas diferencias se relacionan con el color, forma, textura y la presencia o ausencia de ciertos caracteres. Usualmente la clasificación será por un año, localidad o ambiente.

La variabilidad es definida como cuantitativa cuando los grados gradualmente van de un extremo a otro. Las plantas, cuando están siendo clasificadas, no pueden ser asignadas a clases discretas. Muchos caracteres de importancia económica son cuantitativos por naturaleza. Algunos de ellos son rendimiento, periodo de desarrollo, altura y vigor. En ocasiones esos caracteres son muy sensitivos al ambiente.

Es obvio que algunos caracteres no pueden ser arbitrariamente designados como cuantitativos o cualitativos. El color, usualmente un carácter cualitativo, puede atravesar por muchos tonos intermedios a otro extremo y ser mejor manejado como un carácter cuantitativo. Lo mismo es aplicable para la textura y forma. La precocidad es usualmente cuantitativa, pero las poblaciones pueden a veces agruparse en dos o tres clases de maduración, así que la precocidad es clasificada como un carácter cualitativo. La misma afirmación puede aplicarse para la altura o ramificación. El vigor, la adaptación y el rendimiento, sin embargo, raramente son cualitativos en la naturaleza. El criterio de diferencia entre características cualitativas o cuantitativas, entonces, es la clasificación; si los diferentes tipos disminuyen en clases discretas, el carácter es cualitativo, y si no, es cuantitativo (Briggs y Knowles, 1967).

Las variables de tipo cualitativo (color de tallo, hojas, flor, semilla etc.), respecto a las de tipo cuantitativo, presentan diferente grado de interacción con el ambiente, debido a la herencia monogénica o digénica de unas (Wayne y Coffelt, 1982) y poligénica o cuantitativa de las otras (Márquez, 1985). Por tanto, generar una clasificación para caracteres cuantitativos y otra para cualitativos puede ayudar a entender mejor y complementar una clasificación.

2.12.1.1. Variabilidad Cualitativa

Briggs y Knowles (1967) comentan que la única estadística que se usa para caracteres cualitativos es la involucrada en la prueba de Chi cuadrada (χ^2).

Rangos genéticos. La prueba de χ^2 ha sido adaptada para medir la significancia de dos tipos de diferencias de interés para los fitomejoradores. La primera de esta distribución con comparaciones de poblaciones segregantes a rangos genéticos, y la segunda con comparaciones de dos poblaciones variables en una dirección cualitativa.

2.12.1.2. Variabilidad Cuantitativa

La más grande contribución de la estadística en fitomejoramiento ha sido en la medición y comparación de caracteres cuantitativos. El entendimiento de la herencia de caracteres cuantitativos ha sido facilitado por estos procedimientos estadísticos.

Parámetros. Los parámetros son características de poblaciones. Ejemplos de algunas características son la media, la varianza, y la desviación estándar. Es evidente que la población aplica a un carácter cuantitativo como la altura de una nueva variedad, o días a maduración de un nuevo híbrido prometedor (Briggs y Knowles, 1967).

2.13. El Análisis Multivariado

El análisis multivariado, en esencia, se dedica al estudio de varias variables de modo simultáneo. Es decir, tomamos un objeto y no sólo medimos un aspecto suyo (p. ej. una persona a la que se mide sólo su altura), sino que consideramos varios aspectos y tratamos de determinar la relación entre estas medidas. Con el desarrollo de la Informática, se ha hecho posible desarrollar e implementar programas estadísticos que contienen las técnicas multivariantes; así, todos los programas de este tipo contienen una parte importante dedicada a estas técnicas (p. ej. se puede ver en R, STATGRAPHICS, SPSS,...) (Marín, 2007a).

Martínez (1983) comenta que es común que en la investigación genética se estudien en conjunto de dos o más caracteres. El genetista concentrara su interés en la estimación de los componentes de covariación fenotípica. Mediante una generalización inmediata del caso univariado al caso multivariado con v caracteres en estudio.

2.13.1. Clasificación de las Técnicas Multivariantes

Las técnicas multivariantes se pueden clasificar según dos posibles criterios:

(i) Se está interesado en la asociación entre las distintas variables, es decir, en las relaciones entre las mismas, donde parte de estas variables dependen o se miden en función de las otras. Son los llamados Métodos Dependientes. Subyace en ellos siempre un interés predictivo.

(ii) Se está interesado en investigar las asociaciones que se presentan entre variables sin distinción de tipos entre ellas. Son Métodos Independientes. Tienen un interés descriptivo más bien.

Métodos Independientes. Dentro de esta categoría se incluyen el Análisis de Componentes Principales (ACP) y el Análisis de Agrupamiento o Conglomerados (Cluster); el primero es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión de las variables, para generar un grupo de nuevas variables, denominadas componentes principales; en tanto que los conglomerados lo constituye un conjunto de técnicas mediante las cuales se clasifican objetos o casos en grupos relativamente homogéneos llamados conglomerados o clusters; tiene un gran número de aplicaciones en muchos campos del conocimiento, pues en cierta forma puede contestar a la pregunta que se hacen los investigadores sobre cómo organizar los datos observados en grupos para desarrollar alguna taxonomía (Manly, 1986).

Representaciones Gráficas. Además de las representaciones univariantes tradicionales, es conveniente representar los datos multivariantes conjuntamente. Para variables discretas podemos construir diagramas de barras tridimensionales, pero no es posible extender la análoga a más dimensiones. Igualmente, podemos construir los equivalentes multidimensionales de los histogramas, pero estas representaciones no son útiles para dimensiones superiores a tres (Marín, 2007b).

Se pueden considerar histogramas bidimensionales y gráficos de densidad, así como gráficos de contorno y de burbujas. Un gráfico multivariante muy extendido es el de la matriz de dispersión, en el que se cruzan todas las variables entre sí. El gráfico condicionado es una herramienta muy útil para visualizar las relaciones entre las variables, condicionadas al valor de otras variables. Se pueden observar, así, relaciones

y dependencias entre las mismas. Finalmente, hay gráficas muy populares como las caras de Chernoff y las gráficas de estrellas, donde se asocia a cada variable o bien un rasgo de una cara (en vista de la facilidad con que distinguimos facciones) o bien parte de una estrella

2.13.2. El Análisis de Componentes Principales

Cuando se trabaja en la vida real, la suposición más habitual es que la variable en estudio se distribuye como una normal: muchas características que se miden son la conjunción de muchas causas que actúan conjuntamente sobre el suceso. Por ejemplo, la altura de las personas se considera que se distribuye como una normal, ya que su valor es debido a múltiples causas ambientales, alimentarias y genéticas.

La justificación matemática de esto se encuentra en el Teorema Central del Límite que demuestra que la suma de variables independientes se distribuye en el límite como una normal (Marín, 2007c).

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible.

Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí. (Terrádez, s. f.).

Un aspecto clave en ACP es la interpretación de los factores, ya que ésta no viene dada *a priori*, sino que será deducida tras observar la relación de los factores con las variables iniciales (habrá, pues, que estudiar tanto el signo como la magnitud de las correlaciones). Esto no siempre es fácil, y será de vital importancia el conocimiento que el experto tenga sobre la materia de investigación (Terrádez, s. f.).

En la matriz de correlación simple de los componentes principales se estandarizan todos los posibles pares de variables con el fin de homogeneizar las unidades de medida. Basados en esta matriz de correlación, las variables se transforman en factores o componentes principales, los cuales con combinaciones lineales de las variables estandarizadas, siendo la máxima correlación el primer componente principal (CP) el cual tiene la mayor porción del total de varianzas. (Broschat, 1979). Los coeficientes estandarizados reflejan la contribución de las variables a la función, mostrando así la influencia de cada variable en la presencia de otras y no el efecto de una variable en particular (Rencher, 1992).

Sánchez *et al.* (1998) indican que el análisis de componentes principales (ACP) consiste en la transformación del conjunto original de variables a una nueva serie de variables no correlacionadas llamadas componentes principales (CP). Esas nuevas variables son combinaciones lineales de las variables originales y se derivan en orden de importancia (varianza) decreciente, así que el primer CP explica la mayor proporción de la variación en los datos originales. En nuestro caso, el objetivo del análisis es ver si los primeros componentes explican la mayor parte de la variación en los datos originales; de ser así, el método común es graficar los dos o tres primeros componentes para cada variable, tratando de identificar grupos en los datos. Dado que en el presente trabajo las variables morfológicas y agronómicas se miden en diferentes escalas, al ACP se lleva a cabo a partir de la matriz de correlaciones más que de la matriz de varianzas-covarianzas.

De acuerdo con Pla (1986), este método (ACP) permite la estructuración de un conjunto de datos multivariados obtenidos de una población cuya distribución de probabilidades no necesita ser conocida, por lo que no necesita un modelo estadístico la estructura probabilística de los errores. Aunque, sí es posible suponer una distribución normal de la población, o el tamaño de la muestra es tal que puede asumirse multinormalidad, ya sea por el aumento en el número de variables consideradas o por el número de individuos que integran la muestra, podrá encontrarse significancia estadística en los componentes, pues será posible asociar a cada uno de ellos una medida de confiabilidad. Además las nuevas variables generadas (CP)

poseen algunas características estadísticas deseables, tales como independencia (cuando se asume multinormalidad) y en todos los casos no correlación.

Esta técnica se ha empleado en una gran diversidad de estudios, por ejemplo, para caracterizar hortalizas, frutales, géneros de bacterias, etc., por lo que representa gran potencial en estudios de mejoramiento genético. (Alávez, 1997).

2.13.3. El Análisis de Clúster o de Agrupamiento

El análisis de cluster es una técnica cuya idea básica es agrupar un conjunto de observaciones en un número dado de clusters o grupos. Este agrupamiento se basa en la idea de distancia o similitud entre las observaciones. La obtención de dichos clusters depende del criterio o distancia considerados (Marín, 2007d).

Según Sánchez *et al.* (1998), el proceso de agrupar dos poblaciones involucra dos pasos. En primer término, es necesario calcular la similitud o disimilitud entre cada par posible de poblaciones, y en segundo lugar usar las similitudes calculadas con un procedimiento de agrupamiento.

2.13.3.1. Métodos de Clúster Jerárquicos

Marín, (2007d) explica que en la práctica, no se pueden examinar todas las posibilidades de agrupar los elementos, incluso con los ordenadores más rápidos. Una solución se encuentra en los llamados métodos jerárquicos. Se tienen dos posibles formas de actuar:

Métodos jerárquicos aglomerativos: Se comienza con los objetos o individuos de modo individual; de este modo, se tienen tantos clusters iniciales como objetos. Luego se van agrupando de modo que los primeros en hacerlo son los más similares y al final, todos los subgrupos se unen en un único cluster.

Métodos jerárquicos divididos: Se actúa al contrario. Se parte de un grupo único con todas las observaciones y se van dividiendo según lo lejanos que estén.

En cualquier caso, de ambos métodos se deriva un dendrograma, que es un gráfico que ilustra cómo se van haciendo las subdivisiones o los agrupamientos, etapa a etapa.

Considerando los métodos aglomerativos con diferentes métodos de unión (linkage methods) tenemos como los más importantes:

- (i) Mínima distancia o vecino más próximo.
- (ii) Máxima distancia o vecino más lejano.
- (iii) Distancia media (average distance).

Estos métodos se pueden usar para clasificar no sólo observaciones, sino también variables usando como medida de similitud algún coeficiente de correlación.

2.13.3.2. Métodos No Jerárquicos

Se usan para agrupar objetos, pero no variables, en un conjunto de k clusters ya predeterminado. No se tiene que especificar una matriz de distancias ni se tienen que almacenar las iteraciones. Todo esto permite trabajar con un número de datos mayor que en el caso de los métodos jerárquicos.

Se parte de un conjunto inicial de clusters elegidos al azar, que son los representantes de todos ellos; luego se van cambiando de modo iterativo. Se usa habitualmente el método de las k -medias.

2.14. Clasificación y Caracterización

Valdez *et al.* (2003) comentan que la clasificación es una actividad humana muy influenciada por los objetivos del usuario. Sin embargo, el propósito esencial y fundamental de cualquier clasificación es organizar los miembros de una población en

grupos o clases para que su naturaleza y las interacciones entre ellos sean fácilmente entendidas. En biología, la taxonomía ha involucrado a las clasificaciones tomando como base a la genética y/o filogenia de las especies. (Villaseñor y Murguía, 1992), e inclusive, de esta forma los rangos categóricos de la taxonomía Lineana han sido refutados (Valdez *et al.*, 2003).

Sánchez *et al.* (1998) afirman que la caracterización tiene por objeto la toma de datos de diferente índole (agronómicos, fisiológicos, morfológicos, genéticos, bioquímicos, etc.) con el fin de describir y diferenciar las poblaciones de una misma especie o en algunos casos de diferentes especies. Para la mayoría de los cultivos de importancia económica, el Instituto de Biodiversidad (antes IPGRI, e IBPGR) ha elaborado guías de descriptores, sin embargo para algunas especies, sobre todo silvestres, aun no están disponibles, por lo que es necesario establecer las características que pueden ser útiles para la clasificación.

2.14.1. Fundamentos Teóricos de Ordenación y Clasificación

2.14.1.1. Selección de Especies, Acciones, Genotipos, Cultivares, etc.

Valdez *et al.* (2003), al realizar una ordenación y clasificación numérica en nopal tunero, comentan que uno de los fenómenos teóricos de ordenación y clasificación, es que la cantidad de especies, acciones, genotipos, cultivares, etc., a ser incluidos debe ser grande, de tal forma que sea una muestra representativa.

El hablar de la selección de atributos es invariablemente más importante que la selección de las especies, acciones, genotipos y/o cultivares. Si el propósito de la clasificación es básico (para uso general) se deben incluir tantos atributos como sea posible, para que sirva a una multitud de objetivos. Debe quedar claro que con la finalidad de que la clasificación sea efectiva y comprensible, los atributos usados para formar las clases deberán contener el máximo de información posible. Esto significa que deben ser aquellos que tengan el mayor valor de predicción de la naturaleza y del comportamiento de las plantas cuando son sometidas a influencias externas (p. ej.

diferentes ambientes). Es claro que el conocimiento de las preferencias ambientales de las especies, así como su distribución geográfica, es en grado sumo importante si el uso de los genotipos colectados es el mejoramiento genético (Pengelly y Eagles, 1995). Algunos investigadores han evidenciado que la morfología de las plantas de una misma especie no siempre esta fuertemente relacionada con distribución geográfica.

2.14.1.2. Escalas y Ponderaciones de Atributos

Algunos tipos de medición de los atributos de las especies, genotipos y/o cultivares son mas fáciles de realizar que otros; unos atributos son de mayor interés para el usuario por lo que pueden ser sobre-representados e indebidamente ponderados; y también el uso de un gran número de atributos involucra una gran inversión en tiempo y dinero, especialmente si se involucra una muestra grande de cada genotipo. Por ello, es conveniente que: en la primera etapa se contemple a un buen número de variables estandarizadas para ponderarlas igualmente; es imprescindible también que se pondere de forma tal que se iguale la contribución de atributos discretos y continuos. En este rubro, se debe evitar el problema de sesgo mediante alguna transformación de los valores del o los atributos, y en la etapa final de la clasificación se reduzca el número de atributos a una cantidad manejable pero todavía de magnitud efectiva para realizar el análisis de covarianza entre ellos.

2.14.2. Fundamentos Teóricos de la Ordenación

El método de componentes principales (CP's) es de gran utilidad como una técnica de ordenación en taxonomía numérica en plantas (Sneath y Sokal, 1973), porque permite reducir la dimensionalidad (Pla, 1986; James y McCulloch, 1990; Parent *et al.*, 1994) del problema al eliminar los atributos que aportan poca información (Pla, 1986) y remover la redundancia y el efecto aleatorio entre variables correlacionadas (Parent *et al.*, 1994). Este método se basa en la maximización de la varianza de las transformaciones lineales de los valores de los atributos, es decir, en la generación de vectores y valores propios. Es recomendable la generación de esas nuevas variables

(CP's) tomando como base la matriz de correlación producto de los valores estandarizados para evitar la sensibilidad a las diferencias de escala en que se registran y a los valores extraños (Valdez, 1997). Así se producen CP's independientes entre si, y cada uno sintetiza la máxima variabilidad residual contenida en los datos (Pla, 1986) y explica una proporción de la variación total, misma que será igual al número de variables estandarizadas, es decir, todos los CP's explican el 100% de la variación del conjunto total de atributos y observaciones. Por consiguiente, se considera que los CP's importantes son aquellos que explican mas del 1% de la variación, y los atributos también importantes son aquellos que se correlacionan mas con los CP's importantes, estos atributos son útiles para definir la nomenclatura de los grupos de especies, genotipos y/o cultivares. La estructura de los CP's puede sugerir algún significado biológico (Iezzoni y Pritts, 1991) al considerar atributos lógicamente biológicos.

A su vez, Broschat (1979) comenta que al reducir la dimensionalidad de datos multivariados también se remueven intercorrelaciones entre variables. Se pueden usar para ordenar por su contribución datos multivariados de calidad en 1 o 2 dimensiones ortogonales llamados componentes principales, que expresan la mayor parte de la variación de los datos originales. La marcación de los componentes principales se puede usar como un índice de contribución de la calidad o reemplazado por evaluaciones visuales subjetivas de la calidad en análisis estadístico convencional. La interpretación del modelo de contribución inconstante en estos componentes principales ayudaría en las interacciones entre variables de los datos. Al trazar datos multivariados en 2 o 3 dimensiones en el espacio del componente principal puede ser útil para desplegar las relaciones entre cultivares o especies en el estudio de la taxonomía.

Los métodos de búsqueda por proyecciones, del inglés "Projection Pursuit", tienen por objeto encontrar estructuras no lineales mediante proyecciones lineales de un espacio en p dimensiones, a un subespacio de dimensión q , generalmente la recta o el plano. Estos métodos también pueden aplicarse en la detección de agrupamientos, o de conglomerados, en el contexto de análisis de conglomerados; aunque no toda estructura no lineal corresponde a agrupamientos. Existen varios métodos de búsqueda

por proyecciones; cada uno está identificado con un índice de proyección, y la mayoría de estos índices son medidas de distancias o diferencias con la función Gaussiana (Eslava, 1999).

James y McCulloch (1990) mencionan que en el análisis por conglomerados ("Cluster Analysis" o "Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis", en inglés) ha sido demostrado que es tan robusto para la reconstrucción de relaciones filogenéticas jerárquicas como los métodos cladísticos. Sin duda alguna, uno de los principales problemas de las técnicas de clasificación numérica es la determinación del número de grupos o clases. En el caso de los métodos numéricos jerárquicos dicho problema es el equivalente a definir el nivel o punto al cual se interrumpe la jerarquía.

Un ejemplo es el caso de las pruebas de mejoramiento genético en las cuales se desconoce el número de grupos diferentes que representan cierta composición genética (Bull *et al.*, 1992). Bull *et al.* (1992; 1993; 1994) han resuelto satisfactoriamente dicho inconveniente al considerar el supuesto de que la variabilidad de los patrones genéticos esperados a través del error experimental en cada ambiente es avalada mediante la repetición de un genotipo como testigo; así el número de grupos o clases es definido al truncar la jerarquía cuando las repeticiones del genotipo testigo se ubican en grupos diferentes.

Los resultados de Pengelly y Eagles (1995) sugieren que debido a las diferencias (agronómicas y morfológicas) dentro de los grupos y a que la variación no siempre es discreta (pero puede ser continua), es factible que algunos genotipos sean ubicados en dos grupos o clases. Ello significa que puede haber casos en los que si un genotipo es parte de dos grupos o clases sea un aspecto de importancia relativa. Sin embargo, es posible que los análisis de varianza para comparar los grupos se puedan constituir como herramienta valiosa para definir el número de grupos. Es decir, es recomendable identificar el número de grupos en el cual el mayor número de variables tengan realmente un efecto en la diferenciación de los grupos.

Definitivamente, la forma en como se han estado definiendo los números de grupos o el nivel de interrupción de la jerarquía es subjetiva, con algunas excepciones como los trabajos de Bull *et al.* (1992; 1993; 1994), pero la conformación de los grupos o clases ha estado sustentada en los coeficientes de similitud o disimilitud entre genotipos y los métodos de agrupamiento o de definición de máxima similitud entre los grupos o clases empleados.

El coeficiente de correlación (r) de Pearson es muy usado como coeficiente de similitud porque es una medida de patrón mas que de magnitud de diferencia (Arkley, 1976).

Otro coeficiente de similitud de uso común es la “distancia euclidiana” debido a que es muy sensible a la magnitud y es métrica (aspecto valioso si las variables son continuas). Sin embargo, debe tomarse con cuidado ya que por su sensibilidad a la magnitud puede contribuir desproporcionadamente sobre la disimilitud entre pares de genotipos si la diferencia entre ambos es grande (Valdez *et al.*, 2003).

El agrupamiento generalmente se hace considerando la similitud o disimilitud. Quizás, el método de agrupamiento mas ampliamente usado es el que considera la “distancia de unión promedio” y se le conoce como el método de “unión simple”. Ello se debe probablemente a que los genotipos o grupos de genotipos se unen con base al promedio de similitud entre todos los pares de genotipos en un grupo y aquellos en algún otro grupo, antes de que cada par o pares iniciales sean unidos. Este método entonces se basa en el promedio de las diferencias entre genotipos y grupos. Otras variantes se basan en aspectos modales de genotipos y grupos (Valdez *et al.*, 2003).

Otra ventaja, del método de análisis por conglomerados, es que la “distancia genética” puede ser usada como atributo de clasificación e índice de similitud o disimilitud en clasificaciones mas objetivas (i. e. mejoramiento genético). En 1995, Mienie *et al.* usaron este atributo considerando 37 variedades de soya de Sudáfrica para identificar cuatro grupos principales en un fenograma (dendrograma que muestra la relación de los genotipos de acuerdo a la similitud de polimorfismo).

Es muy posible que el método produzca grupos, mediante los dendrogramas, cuya codificación sea inestable y/o confusa (James y McCullogh, 1990); pero su compatibilidad con métodos de ordenación (p. ej. análisis por componentes principales) facilita la interpretación de las relaciones dentro y entre los grupos.

Finalmente, el proceso de asignación del nombre genérico (nomenclatura) para los grupos o clases deberá ser característico y flexible. En ese sentido parece conveniente resaltar el atributo que contribuya mas en cada nivel de jerarquía, tal y como lo hicieron Pengelly y Eagles (1995). Este aspecto puede ser apoyado por los resultados del método de ordenación taxonómica.

La colección y caracterización de germoplasma se ha basado tradicionalmente en caracteres fenotípicos. El conocimiento de las descripciones detalladas son necesarias en la utilización del germoplasma, debido a que en dicho germoplasma puede haber genes valiosos para utilizarse en los programas de mejoramiento (Mondragón, 2003).

2.14.3. Requisitos de una Caracterización

En 1985, la Agencia Internacional para los Recursos Fitogenéticos (IBPGR, por sus siglas en inglés) publicó una lista de descriptores para la caracterización y documentación en recursos genéticos, en donde empleó las siguientes definiciones:

- i) Pasaporte (Identificadores de la accesión e información registrada por los colectores);
- ii) Caracterización (Registro de las características altamente heredables y que pueden ser fácilmente vistas por el ojo y expresadas en todos los ambientes);
- iii) Evaluación preliminar (Registro de un número limitado de características adicionales deseables por un consenso de usuarios del cultivo en particular).

La caracterización y evaluación preliminar serán responsabilidad de los conservadores, mientras que la caracterización y evaluación deben ser realizadas por los fitomejoradores. Los datos de más evaluación deben ser proporcionados por el conservador quien mantendrá una base de datos.

Las normas internacionalmente aceptadas para el muestreo o codificación de los descriptores deben ser llevados a cabo de la siguiente manera:

- a) Las medidas deben ser en unidades métricas;
- b) Muchos descriptores, los cuales son continuamente variables, son registrados sobre una escala de 1 a 9;
- c) La presencia o ausencia de caracteres es anotada como + (presente) y 0 (ausente);
- d) Para descriptores que generalmente no son uniformes en toda la accesión (p. ej. Colecciones mixtas, segregación genética) el promedio y la desviación estándar deben ser reportados donde el descriptor es continuo o el promedio y 'x' donde el descriptor es discontinuo;
- e) Cuando el descriptor es inaplicable, '0' es usado como el valor del descriptor;
- f) Los campos vacíos son usados para información aun no disponible;
- g) Cartas estándar de color, por ej. las Cartas de Color de la Real Sociedad de Horticultura, el Cuaderno Methuen de Color, las Cartas de Color de Munsell para tejidos de plantas son altamente recomendables para todas las características de color no graduado.

2.14.4. Caracteres Apropriados para Clasificación por Taxonomía Numérica

Sánchez *et al.* (1998) reconocen que los caracteres morfológicos usados en estudios taxonómicos pueden ser de confiabilidad dudosa, debido principalmente a efectos ambientales y a que los mecanismos de control genético son en su mayoría desconocidos. De acuerdo con Goodman y Paterniani (1969) los caracteres elegidos para usarse en estudios de taxonomía numérica deberían ser aquellos con el menor sesgo debido a efectos ambientales; dichos efectos podrían minimizarse de la siguiente

manera: (i) sembrar el material experimental en varios ambientes y usar las medias de caracteres a través de ambientes, (ii) sembrar en diferentes ambientes y usar la respuesta de los materiales como criterio para calcular la similitud entre taxa, y (iii) calcular la similitud entre los materiales usando los caracteres que tengan el menor sesgo debido a efectos ambientales y de interacción en relación a la diferencia entre medias de taxa.

Padilla *et al.* (2003) comentan que una forma apropiada para incrementar la producción consiste en el diseño de estrategias de mejoramiento genético. Por ello es necesario proceder a la caracterización de la variabilidad genética de las especies con el objetivo de detectar germoplasma sobresaliente.

Espinoza y Gómez (1994) explican que la mayoría de los cultivares mejorados de girasol provienen de germoplasma con variabilidad genética reducida, razón por la cual su potencial de producción se encuentra limitado. La amplia variabilidad entre y dentro de cada una de las especies del género *Helianthus* ofrece la posibilidad de incrementar la variabilidad genética del girasol cultivado a través de la hibridación inter-específica (Cuadro 2.7). Para preservar e incorporar este tipo de germoplasma en los trabajos de mejoramiento genético se realizaron un total de 33 colectas de girasol silvestre y 10 de girasol criollo, siendo las primeras en la parte centro y norte de los estados de Coahuila (18) y Tamaulipas (el resto), y las segundas en la zona media y altiplano del estado de San Luis Potosí. Las semillas de girasol criollo exhibieron un color morado, aunque también existen poblaciones con semilla de color café y blanco, con hojas y tallo de aspecto rustico y con un solo capitulo.

Cuadro 2.7. Especies que pueden cruzarse con *H. annuus* cultivado

Especies	N. Cromosómico haploide	Fertilidad de híbridos	Habito de la planta
<i>H. annuus</i> silvestre	17	Alta	Anual
<i>H. petiolaris</i>	17	Alta	Anual
<i>H. argophyllus</i>	17	Alta	Anual
<i>H. paradoxus</i>	17	Alta	Anual
<i>H. tuberosus</i>	51	Media	Perenne
<i>H. rigidus</i>	51	Media	Perenne
<i>H. maximiliani</i>	17	Baja	Perenne
<i>H. giganteus</i>	17	Baja	Perenne
<i>H. grosseserratus</i>	17	Baja	Perenne
<i>H. decapetalus</i>	14, 34	Baja	Perenne
<i>H. hirsutus</i>	34	Baja	Perenne

Fuente: Dedio y Putt (1980).

Una ventaja del empleo de material silvestre es el hecho de que la amplia variación en el germoplasma puede generar muchas diferencias en la forma de las plantas y en el color de las flores (Vonk-Noordegraaf, 1993). Sin embargo, el empleo en esta forma también tiene desventajas como una inconsistencia en el suministro de la flor o planta, si el material se colecta en exceso pueden surgir problemas para el reestablecimiento o propagación de las semillas o plantas en el futuro.

Delgado (2002) indica que en los programas de mejoramiento, por lo general se invierten muchos recursos tanto económicos como humanos, además de que dicho proceso lleva mucho tiempo, tendiendo que realizar todas las cruza posibles entre los progenitores que se estén evaluando, aumentando con esto el trabajo y el tiempo invertido; por otro lado, al analizar las variables evaluadas, tradicionalmente se ha hecho variable por variable, limitando la capacidad del fitomejorador en determinar el potencial genético, de una manera integral.

2.15. Trabajos de Caracterización

En un estudio realizado en doce selecciones de chirimoya, Alávez (1997) evaluó las características de calidad del fruto, vegetativas y anatómicas de la planta empleando la técnica de análisis multivariado por componentes principales (CP's), encontrando que seis CP's acumularon el 85% de la variabilidad de los datos. El CP1 fue asociado al tamaño del fruto; el CP2 mostró la correlación entre la altura del árbol y

el peso de una semilla; el CP3 correspondió a los árboles con frutos con alto contenido de semillas, alto peso de semillas y jugo de fruta de mayor acidez; los °Brix y el mayor número de estomas estuvieron representados en el CP4; el CP5 fue determinado por el color verde de la cáscara del fruto, longitud del pedicelo y el grosor de la cáscara, y finalmente en el CP6 se encontraron las características de mayor área foliar y hojas mas largas.

En el caso de nopal tunero, Valdez *et al.* (2003) encontraron que casi el 38% de la variación de ocho variables y 29 accesiones es explicada por el CP1. La estructura del CP1 se definió por las variables PT (Peso Total de Fruto), PPC (Peso de la Parte Comestible), DE (Diámetro Ecuatorial) y VOL (Volumen), de manera que dicha combinación podía ser etiquetada como de masa y volumen de tuna. El CP2 se definió por PC (Peso de Cáscara) y explicó el 24% de la variación (componente de masa de cáscara). El CP3 fue definido por DP (Diámetro Polar) y DP/DE (Relación entre Diámetro Polar y Diámetro Ecuatorial) (componente de morfometría de fruto) y explicó el 21.5% de la variación total. El contenido de azúcares (GB) dominó en la estructura del CP4, el cual mostró el 13% de la variación total. Resumiendo los primeros cuatro CP's explicaron el 97% del total de la varianza total. Estas nuevas cuatro variables como producto del ACP, reduciendo la dimensionalidad de ocho a cuatro variables, siendo sus factores de gran utilidad en la ordenación del objeto de estudio y en el análisis de conglomerados para agruparlos o clasificarlos numéricamente. En este ultimo análisis se determino que uno de los genotipos silvestres de nopal estudiados, la denominada 'Tapón Aguanoso', conformó por si solo un grupo o clase, evidenciando una gran variabilidad fenotípica de fruto, comparadas con las accesiones de tipo COPENA (Colegio de Postgraduados-Escuela Nacional de Agricultura).

Sanabria *et al.* (2005) caracterizaron 53 accesiones de *Psidium guajava*, colectadas en 9 transectos del Valle del Cauca. Para realizar la caracterización morfológica se propusieron 25 descriptores (16 variables para caracteres cuantitativos y 9 para caracteres cualitativos). Realizaron un análisis preliminar para estimar el comportamiento de las diferentes accesiones con cada descriptor cuantitativo, haciendo uso del rango, media, desviación estándar y coeficiente de variación, así como un

análisis de frecuencia para los descriptores cualitativos. Los caracteres morfológicos cuantitativos se analizaron mediante el análisis multivariado de componentes principales. Para los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos se utilizó el análisis de clasificación (AC) para reunir las accesiones en grupos relativamente homogéneos con base en el grado de similitud. En los descriptores cualitativos las accesiones se integraron en tres grupos que se diferenciaron por la forma del fruto. El 75% de los descriptores cuantitativos mostraron CV mayor al 24%. El 72.41% de la variación total de estos descriptores fue explicado en tres CP's, que permitieron discriminar para variables de rendimiento del fruto, estructura del árbol y calidad del fruto.

Zamorano *et al.* (2007) colectaron 36 materiales de mora pertenecientes a las especies *Rubus glaucus*, *R. urticifolius* y *R. robustus*. La caracterización cualitativa separó las 3 especies y generó descriptores que permitieron identificar forma, tipo, margen, ápice y color del envés en las hojas, y presencia de antocianinas y cerosidad en los tallos. La caracterización cuantitativa identificó particularidades de importancia comercial (alto peso de fruto, pocas espinas en el tallo y altos grados Brix) en los materiales 3 y 31 de la Colección. El análisis multivariado de caracteres cuantitativos de tallo y fruto conformó 5 grupos que variaron en distancia de entrenudos, longitud de peciolulo en rama macho, longitud de pecíolo en rama hembra y macho, ancho de foliolo, peso de fruto, longitud del corazón del fruto y número de drupas.

Padilla *et al.* (2003) caracterizaron fenotípica, química y productivamente un grupo de 24 selecciones de guayaba (*Psidium guajava* L.) de doce años de edad, establecidas en el INIFAP-CEDEC, Huanusco, Zacatecas. Midieron 10 variables de las hojas y 11 características del fruto; se determinó el contenido de ácido cítrico, ascórbico y glucosa; la dinámica de crecimiento del fruto; la fenología y productividad de cada selección. El diámetro ecuatorial, diámetro polar, la relación DP/DE, número de semillas y forma de fruto mostraron alto valor descriptivo del fruto de guayabo de acuerdo a los análisis multivariados. Observaron una correlación positiva entre el diámetro ecuatorial vs. el grosor de casco, número de semillas y peso de semillas por fruto. El crecimiento de fruto mostró un crecimiento doble sigmoide consistente en tres fases características.

Las selecciones superaron en dos a cinco veces la media de rendimiento de fruto de la región de estudio

En 2003, Hernández *et al.*, realizaron un estudio de diversidad genética de *Psidium* en dos partes. En la primer parte determinaron la diversidad fenotípica y genotípica de árboles de cuatro huertas de guayabo de San Tadeo, Calvillo, Ags. Seleccionaron doce árboles de cada huerta al azar y se determinaron diferentes características morfológicas, y posteriormente se analizaron con la técnica de RADP's. En la segunda parte, se caracterizó la diversidad productiva y genética (AFLP's) de 48 accesiones de *P. guajava* colectadas en la Región de Calvillo-Cañones de México (Estados de Aguascalientes y Zacatecas), además de dos accesiones de *P. cattleianum* y dos de *P. friedrichsthalianum*. Los datos fenotípicos fueron sometidos al análisis de varianza (ANVA) y separados, en donde hubo diferencias significativas, por el valor de la Diferencia Mínima Significativa (DMS, $P=0.05$). Los datos fenotípicos fueron sometidos al análisis de componentes principales (ACP) y las variables con mayor valor descriptivo se utilizaron para calcular las distancias euclidianas para construir un dendrograma por el método de Ward. Los productos amplificados por cada oligonucleótido RAPD se numeraron y, para cada individuo, la presencia o ausencia de una banda se determinó designando la presencia de la banda como 1 y la ausencia como 0. La distancia genética entre individuos estimó el coeficiente de apareamiento simple. La matriz de distancia se utilizó para producir un dendrograma por el método de Ward. El ACP indicó que los primeros tres CP explicaron poco más del 68% del total de la varianza observada. El Diámetro Polar, Diámetro Ecuatorial, Grosor del Mesocarpio, Peso de Frutos (CP1); Largo de Hoja, Ancho de Hoja (CP2) y Forma del Fruto (CP3) fueron las características que mejor explicaron la variabilidad fenotípica de los árboles incluidos en este trabajo. Además, se observó una amplia diversidad fenotípica entre árboles de la misma huerta, de acuerdo al análisis de conglomerados.

En un estudio realizado en progenitores y cruza de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Delgado (2002) estableció 15 genotipos (10 cruza y 5 progenitores). Las variables que evaluó fueron agroclimáticas (DFFF: Intensidad Lumínica, TAIR: Temperatura del Aire, CO₂: Concentración de CO₂, y HR: Humedad Relativa),

fisiológicas (THOJA: Temperatura de la Hoja, FOTO: Fotosíntesis, CES: Conductancia Estomática, TRANSP: Transpiración y UEA: Uso Eficiente del Agua), fenológicas (DAF: Días a Floración, DPC: Días al Primer Corte, y DEC: Días en Cosecha) y del Rendimiento Cuantitativas (NCP: Número de Cortes por Planta, PPF: Peso Promedio de Frutos, RPTA: Rendimiento por Planta y NFP: Número de Frutos por Planta) y cualitativas (PH: Potencial de Hidrógeno, BRIX: Grados Brix y VITC: Vitamina C). Se realizaron correlaciones simples, las cuales indicaron un gran número de relaciones significativas haciendo difícil la interpretación, por lo que, mediante el Análisis de Componentes Principales (ACP) se redujo su número, detectando como las más importantes a: HR, CES, DEC, RPTA y NFP explicándose el 69.25% de la varianza en los tres primeros componentes principales (CP).

Martínez (1999) en un estudio con 11 genotipos de tomate realizado en la UAAAN, determinó los coeficientes de correlación entre las variables: Intensidad Lumínica (QNTUM), Temperatura del Aire (TAIR), Temperatura de la Hoja (THOJA), Concentración de CO₂ (CO₂), Humedad Relativa (HR), Fotosíntesis (FOTO), Conductancia Estomática (COND), Transpiración (TRANSP), Uso Eficiente del Agua (UEA), Peso Promedio del Fruto (PPMFTO), Rendimiento Promedio por Planta en Cortes (RPMPTA/C) y Frutos por Planta en Cortes (FT/PTA/C), además realizó el análisis de componentes principales. Para las correlaciones encontró una alta correlación significativa positiva entre las variables TAIR y THOJA. Encontró una alta correlación positiva entre FOTO y UEA. Entre las variables COND y FOTO se presentó una correlación positiva significativa. Respecto al análisis de componentes principales, encontró que los primeros tres componentes explicaron el 71.5% de la varianza total. El CP1 estuvo definido por QNTUM, FOTO y UEA, para el CP2 las características responsables de variabilidad fueron la TAIR y THOJA con signo negativo y el CP3 estuvo definido por RPMPTA/C y FT/PTA/C con valores positivos significativos, detectando la importancia de la Fotosíntesis, el Uso Eficiente del Agua y el Rendimiento en la evaluación de genotipos.

Căpățână (2006) realizó algunos estudios complejos de cuatro híbridos de girasol y sus líneas parentales, lo cual permitió apreciar el polimorfismo genético de los

genotipos estudiados y revelo nuevos aspectos genéticos y moleculares de la heterosis. Encontró que la actividad mitótica fue mas intensa en genotipos heterocigotos en comparación con las líneas homocigotos. Las relaciones entre las características productivas de este cultivo y su asociación con la heterosis fueron reveladas. La determinación de peculiaridades cuantitativas y cualitativas de las proteínas totales y fraccionadas permitió poner en evidencia el polimorfismo genético de genotipos homocigotos y heterocigotos de girasol y la obtención de nuevos argumentos y pruebas para soportar las hipótesis y teorías existentes sobre la heterosis, especialmente la herencia dominante y codominante de las proteínas y los componentes moleculares del DNA. El nivel de polimorfismo correlaciona con la manifestación de diferentes índices agronómicos. El análisis de conglomerados estableció que de acuerdo al contenido total de proteínas los genotipos estudiados formaron dos grupos: homo y heterocigotos, ya que de acuerdo a las globulinas de los genotipos fueron agrupados en dependencia de sus familias. Los grupos obtenidos son el resultado del análisis de productos RADP's, de genotipos agrupados de acuerdo a su rendimiento.

En 2001, Delaporte *et al.* Evaluaron al eucalipto "Urrbrae Gem", ya que de este híbrido F₁ se cree que *Eucalyptus erythronema* var. *erythronema* es el progenitor hembra. Pero mediante observaciones previas basadas en la morfología del adulto, los llevó a creer *E. gomphocephala* o *E. stricklandii* podría ser el progenitor masculino. El análisis multivariado de 54 caracteres de la morfología del adulto colocó a *E. 'Urrbrae Gem'* entre *E. erythronema* var. *erythronema* y *E. stricklandii*, con mínimos valores del árbol de 0.21 y 0.27, respectivamente. Se controló la hibridación entre *E. erythronema* var. *erythronema* y ambos *E. stricklandii* y *E. gomphocephala*. Catorce caracteres morfológicos se agruparon en 8 grupos de árboles. Los resultados indicaron que *E. stricklandii* es el progenitor masculino de *E. 'Urrbrae Gem'*.

Casler y Santen (2000) cuantificaron la variación genotípica por rasgos agronómicos de una colección de pradera (*Festuca pratensis* Huds.) dentro del Sistema Nacional de Germoplasma de Plantas del USDA y atribuyeron esa variación al origen geográfico de la pradera. Se propuso en base a la clasificación del análisis de conglomerados una colección de 55 praderas del centro del país.

Alfaro y Segovia (2000) sembraron en la localidad de Maracay, 46 genotipos de maíz procedentes del sur de Venezuela, clasificándolos con los métodos de Taxonomía Numérica en caracteres de planta (CDP) y de mazorca (CM). Se utilizaron como patrón de comparación los complejos germoplásmicos de 8 razas y como testigo de adaptación el híbrido simple CENIAP PB-8. El análisis de los datos por componentes principales (CP's) reveló que más del 85% de la variabilidad total era explicada por los primeros cuatro CP's, donde las variables altura de la planta y de mazorca, floración masculina y femenina, longitud de la hoja, número de hojas totales, longitud de mazorca, número de hileras y granos por hilera tuvieron una representación alta por esos componentes. Mediante el análisis de conglomerados se logró una mejor agrupación de las entradas y se estableció una relación más clara con los complejos raciales de referencia, cuando fueron utilizados solamente los CM, indicando el elevado valor taxonómico de estos caracteres.

En 1998, Cardi mencionó que es importante ordenar e integrar los resultados de la fusión somática interespecífica en esquemas de mejoramiento experimental, para comprender los factores involucrados en la variabilidad observada entre la regeneración de las plantas. Con similar propósito en mente, una población de híbridos somáticos de *Solanum commersonii* (+) *S. tuberosum* fueron examinados por medio del análisis de conglomerados con significancia de variables. La información fue obtenida de 56 híbridos con diferentes poliploides y uno de dos parientes diploides cultivados en invernadero. Los padres e híbridos clonados fueron agrupados en 7 grupos. En el espacio canónico de dimensiones reducidas, el patrón de variación morfológica depende sobre todo en niveles poliploides y la interacción de genes no aditivos. Los híbridos fueron en general muy similares para el cultivo que para las especies, sugiriendo una buena posibilidad de introgresión rápida de rasgos útiles para el fondo genético de *S. commersonii* en la *S. tuberosum*.

Hernández, en 1982, realizó un estudio con el objetivo de detectar materiales sobresalientes de calabacita loca (*Cucurbita foetidissima*) a través de observaciones agronómicas, así como de técnicas de Taxonomía Numérica. Dichos materiales se establecieron en 3 localidades. La información obtenida se analizó a través de

observaciones agronómicas y de técnicas de Taxonomía Numérica. Para esta última se utilizó el promedio de la distancia media Euclidiana (md) y el complemento del Coeficiente de correlación ($rc=1-r$). Los resultados indican que al utilizar el complemento del coeficiente de correlación se obtienen las mejores agrupaciones. En base a estas agrupaciones y de acuerdo con lo observado en el campo, desde el punto de vista agronómico se determinaron 20 colectas como las más sobresalientes.

Morales *et al.* (1998) mencionaron que existen problemas en la caracterización de vinagres por la amplia gama de parámetros sensoriales. El método de producción, material crudo, y envejecimiento de la madera son factores de variación entre vinagres del vino. Veintisiete muestras del vinagre correspondiente a sustratos de diferentes vinos y diferentes métodos de acidificación se usaron para ejecutar este estudio. Se seleccionaron variables incluidas en la calidad conclusiva: aroma compuesto y ácidos orgánicos. Se llevó a cabo la caracterización y la clasificación por el análisis de componentes principales (ACP) y análisis de conglomerados (AC); se concluyó que el método de acidificación juega un papel mayor en la caracterización cuando se consideran estas variables.

Mallikarjuna (1995) analizó la diversidad genética entre 49 accesiones de Litchee (*Litchi chinensis* Sonn.) usando 8 sistemas enzimáticos codificando 12 loci para revelar un alto nivel de variabilidad genética. El análisis de conglomerados de las isoenzimas reveló 40 accesiones genéticamente diferentes del total de las 49, identificando tres grupos al 50% del nivel genético similar, los grupos incluyen los tres diferentes subgrupos, marcados ambos en frecuencia y composición de alelos de diferentes loci. La comparación de las huellas de isoenzimas revela esas ciertas accesiones nombradas idénticas o similares como “No mai tsz”, “Kwai mi”, y “Hak ip”, pero poseen diferentes isoenzimas genotípicas, aunque alguna que otra con diferentes nombres exhiben idénticos genotipos enzimáticos.

Isshiki *et al.* (1994) examinó 73 accesiones de berenjena (*Solanum melongena*) y 7 relaciones entre especies; *S. incanum*, *S. indicum*, *S. sanitwongsei*, *S. surattense*, *S. gilo*, *S. integrifolium* y *S. torvum* fueron examinadas por variación de aloenzimas en

orden para explicar la consanguinidad filogénica de estas especies. Mediante el análisis de conglomerados, usando 11 loci de enzimas se clasificaron estas especies en 5 grupos: (i) *S. melongena* y *S. incanum*; (ii) *S. gilo* y *S. integrifolium*; (iii) *S. indicum* y *S. sanitwongsei*; (iv) *S. surattense*; (v) *S. torvum*.

Shaw (2001) evaluó dos nuevos híbridos de toronja y sus cultivares emparentados para análisis de la cromatografía de jugo fresco de la fruta. 39 componentes volátiles fueron determinados. Al usar el análisis multivariado de componentes principales y análisis discriminatorios permite mas información en similitud y diferencias de frutas de cada uno de los híbridos para estas frutas emparentadas y para sus otros híbridos. El análisis discriminatorio muestra que el jugo de la fruta es similar para cada uno de los emparentados de fruta en los componentes volátiles monitoreados. Un híbrido es útil para cruces en el mejoramiento para producir otro nuevo híbrido semejante de toronja, y los otros son un nuevo tipo de fruta comercial, ya que maduran muy rápido.

Schnell *et al.* (1999) evaluaron 22 cultivares del extracto del cocoyam (*Xanthosoma spp.*) y dos cultivares de taro (*Colocasia esculenta* L.) de la colección de Germoplasma de USDA/ARS para las relaciones genéticas usando datos de RAPD. Se generaron 40 lugares geométricos de RAPD. De 18 cultivares, 11 (61%) eran idénticos en todos los lugares geométricos de RAPD evaluados. El análisis de conglomerados identificó dos grupos principales con algunas agrupaciones inesperadas. Estos datos indican que existe una variación genética muy pequeña dentro de las accesiones usadas en este estudio y que esta colección de *Xanthosoma spp.* Es limitada como recurso genético.

Primot *et al.* (2005) estudiaron la variación morfológica entre ocho accesiones de las tres principales especies de curubas cultivadas y silvestres del Valle del Cauca, *Passiflora tripartita* var. *mollissima* (curuba de Castilla), *Passiflora tarminiana* (curuba india) y *Passiflora mixta* (curuba de monte) y 11 de sus híbridos, usando el análisis de componentes principales y el método de clasificación del vecino más próximo en 105 caracteres cualitativos y cuantitativos. Siete componentes principales explican 84% de

la varianza total. Las clasificaciones sobre los caracteres cualitativos y cuantitativos muestran una clara agrupación por especie. Dentro de *P. mixta*, se distinguen un tipo poco pubescente, representativo de las plantas silvestres más comunes, y un tipo muy pubescente, con caracteres de domesticación como frutos amarillentos de pulpa colorida, y con una mayor variación morfológica. La clasificación de estos últimos individuos sugiere una introgresión entre *P. mixta* y *Passiflora tripartita* var. *mollissima*. Los híbridos ocupan una posición intermedia entre las especies parentales, pero se diferencian claramente según la dirección del cruzamiento, revelando un efecto maternal sobre la herencia de los caracteres vegetativos y florales. Los primeros análisis del fruto muestran características intermedias en cuanto a forma, color y tolerancia a la antracnosis.

Martínez *et al.* (2006) caracterizaron la morfología de frutos y semillas en 23 colectas de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L) H. B. K.), procedentes del Estado de Tabasco, México. Para hacer la descripción se utilizaron 22 caracteres que se digitalizaron y en los cuales se hizo la medición, por medio de un analizador de imágenes. Los datos obtenidos se analizaron utilizando los programas SAS y NTSYS. Tres componentes principales explicaron 84.16% de la variabilidad total. En el dendrograma, con una distancia euclidiana de 5.58, se definieron cinco grupos. El grupo I contiene frutos con mayores °Brix y porcentaje de pulpa; en el grupo III se tienen frutos con los mayores valores en área, longitud del eje mayor, longitud del eje menor, diámetro feret, peso en fresco, peso en seco y el valor HUE. El grupo IV presenta el mayor valor de luminosidad (L) y Cromo (C). El grupo V presentó el mayor valor del volumen de 25 frutos. Estos resultados muestran la diversidad de nanche existente en Tabasco, México, por lo que la información puede ser útil para la selección de germoplasma.

En 2006, Gallegos *et al.* caracterizaron 40 cultivares de nopal para verdura de la colección de germoplasma de nopal del CRUCEN-UACH con base en atributos morfológicos de cladodios maduros de un año de edad y clasificar numéricamente a esos genotipos. Para tal fin se consideraron 14 variables (cualitativas y cuantitativas) seleccionándose 10 cladodios sin daños causados por factores bióticos o abióticos. Los

métodos de análisis multivariado de componentes principales y conglomerados permitieron agrupar en cinco clases a los 40 cultivares de nopal. Los cultivares Tapón Macho, COPENA F-1 y Oreja de Elefante conforman un grupo cada uno. El análisis de componentes principales evidenció que 'Tapón macho' se diferencia del resto de cultivares debido a la gran presencia de espinas en sus cladodios, mientras que 'Copena F-1' por sus cladodios sumamente alargados, y 'Oreja de Elefante' por su margen ondulado y su superficie extremadamente cerosa. Los cultivares Tamazunchale, Nopalea Jalpa y Llera conforman un grupo compacto de material vegetativo caracterizado principalmente por su textura extremadamente cerosa y una relación L/A grande, principalmente. A su vez el grupo conformado por 34 cultivares puede ser dividido en al menos dos subclases o subgrupos. Una de esas subclases puede ser conformada por los cultivares Chihuahua, T-L. P-8 Rojo y 40. P-8 Rojo y 40 tienden a presentar cladodios con gran número de areolas de colores oscuros, mientras que 'Chihuahua' tiende a producir cladodios obovados, anchos con margen ondulado y textura cerosa; y 'T-L' tiene cladodios relativamente más alargados que el resto de los cultivares con la excepción clara de 'Copena F-1'. El resto de cultivares conforman un grupo más compacto que los ya mencionados, caracterizado por una combinación compleja de atributos morfológicos.

Álvarez *et al.* (2006) caracterizaron el caimito, un frutal originario de las Antillas, que se encuentra bien adaptado en algunas zonas tropicales de México. Actualmente todos los materiales son de pie franco lo que implica gran variabilidad genética, por lo que en la región de Tetecala y Coatlán del Río, Morelos, representa una fuente potencial para diversificar la agricultura de la región. Se evaluaron características físicas, químicas y morfológicas de frutos provenientes de 20 árboles, las cuales fueron: peso de fruto, cáscara, pulpa y semilla, número de semillas, longitud, diámetro y la relación longitud/diámetro del fruto, pH, acidez titulable, sólidos solubles, azúcares totales y color (luminosidad, matiz y cromaticidad). Se detectó gran variabilidad entre los frutos de los árboles evaluados. Las características peso del fruto, cáscara, pulpa y semilla, así como pH, acidez titulable y azúcares totales fueron las más representativas para formar tres grupos. El primer grupo se integró por los materiales con mayor

tamaño (longitud: 59.5 mm., diámetro 59.1 mm.) y peso (128.9 g) del fruto, el mayor número de semillas (3.3) y mayor contenido de sólidos solubles totales (11.7 °Brix); además, se ubicó el único material de cáscara verde, ya que el resto de los materiales presentaron un color rojo opaco. En el segundo y tercer grupo se ubicaron materiales con menor peso (entre 44 y 64 g) y tamaño (entre 40 y 45 mm. de longitud y diámetro) del fruto, con valores intermedios y altos de azúcares totales (entre 84 y 104 mg. g⁻¹), y menor número de semillas (entre 1.4 y 2.8). Se considera que el primer grupo tiene potencial para su selección y su explotación hortícola.

Luna (2006), con el objetivo de ordenar y clasificar la diversidad morfológica del fruto de 31 variantes reconocidas por más de 20 cultivadores de pitaya (*Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb.) de la Mixteca Baja, México, midió 19 atributos morfológicos a 200 frutos (2 a 10 por variante). Los datos se analizaron mediante comparación de promedios, conglomerados y componentes principales. Los informantes identificaron las variantes por el color, tamaño y forma del fruto; tamaño y color de espina; tamaño y cantidad de semillas; dulzura, sabor y época de maduración. Aunque cinco atributos (grosor de cáscara, número de areolas, grosor y anchura de semilla y peso de pulpa/peso de cáscara) fueron significativamente iguales, el análisis multivariado apoya la pertinencia de 16 atributos para la caracterización de las variantes. Los tres primeros componentes principales (CP) resumieron el 60% de la variación y ordenaron a las variantes por el tamaño y peso del fruto, y tamaño de semilla y espina (CP1), por el color de la cáscara y pulpa (CP2) y por la redondez (CP3) del fruto, coincidiendo en gran parte con la clasificación infraespecífica tradicional. Un agrupamiento congruente con estos análisis define nueve grupos, uno de los cuales corresponde con un probable híbrido interespecífico. La clasificación empírica de los informantes es confirmada en gran parte por los análisis estadísticos.

Sánchez *et al.* (2006), en un trabajo sobre la variación de ambientes, estudiaron 64 colecciones y variedades de cacahuate que se sembraron en el verano de 1988 en dos localidades del Estado de Morelos: Cuachichinola (buen ambiente, S₀) y Miacatlán (ambiente limitante, S₁). Se midieron 33 características con las que se hizo análisis de varianza y agrupamientos. Número de frutos maduros, número de ginóforos, peso de

semilla, longitud de vaina y color de tallo tuvieron valores mayores en S_1 que en S_0 . Altura de planta, rendimiento biológico, porcentaje de cobertura y porcentaje de aceite en la semilla tuvieron valores mayores en S_0 que en S_1 . La interacción genotipo por ambiente resultó significativa en número de frutos inmaduros, reticulación de vaina y porcentaje de cobertura del suelo. Al considerar los efectos genéticos genéricos (G) mediante el análisis de conglomerados se formaron cuatro grupos de parentesco. Al involucrar la componente $G \times S$ que mide los efectos de interacción, se formaron grupos diferentes a los de G. Así, una clasificación de germoplasma es más completa si se considera la componente G, y la interacción $G \times S$, porque involucra efectos genéticos genéricos (se expresan en ambas condiciones, S_0 y S_1) y efectos genéticos específicos (sólo se expresan en una condición limitante).

Mauricio *et al.* (2004), resumen que la diversidad genética de los grupos raciales ha sido determinada principalmente para caracteres de planta, fisiológicos y agronómicos, pero pocos son los trabajos que relacionan las características de calidad y su uso en la alimentación para la clasificación de germoplasma. Por ello, en un trabajo caracterizaron 86 accesiones de maíz (*Zea mays* L.) con base en atributos del grano y su calidad tortillera y su posible uso para la clasificación de genotipos. Las 86 accesiones corresponden a 45 razas y a cinco grupos raciales. Se determinaron características del grano (tamaño, largo, ancho, grosor, gravedad específica, peso de mil granos, dureza) y de calidad tortillera (capacidad de absorción de agua, pérdida de peso, rendimiento de masa y tortilla, y resistencia al corte de tortillas). Se detectó una asociación significativa ($P \leq 0.05$) dentro de los grupos raciales, tanto en caracteres de grano como en los de calidad tortillera. El análisis de componentes principales permitió diferenciar a los grupos raciales, lo que demostró que los caracteres de calidad tortillera contribuyen a la caracterización adicional de las accesiones, a pesar de la amplia variación genética. Asimismo, se encontró asociación entre grupos de accesiones con base en la clasificación por sus usos en alimentos, lo que corrobora la complementariedad de ambos grupos de atributos en la caracterización de germoplasma.

Martínez *et al.* (2004) explican que la variabilidad morfológica y bioquímica en guayabo (*Psidium guajava* L.) es notable entre y dentro de huertas productoras de México, pero se desconoce su diversidad genética la cual servirá para su mejoramiento genético. Se determinó la diversidad fenotípica y genotípica de árboles de cuatro huertas de guayabo localizadas en San Tadeo, Calvillo, Aguascalientes. Se seleccionaron al azar 12 árboles en cada huerta, y en cada árbol diez frutos en los que se determinaron diferentes características morfológicas, y los 48 árboles se analizaron con la técnica del ADN polimórfico amplificado al azar (RAPD). Se detectaron diferencias en fenotipo y genotipo entre y dentro de huertas de guayabo, en cuanto al color de pulpa (crema, blanco, amarillo o rosa) y forma de fruto (ovalada o aperada). El análisis de componentes principales reveló que las variables diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor del mesocarpio, peso de frutos, largo de hoja y ancho de hoja fueron las características que mejor explicaron la variabilidad fenotípica de los árboles. Los 15 oligonucleótidos RAPD amplificaron 112 fragmentos de ADN (7-8 fragmentos por oligonucleótido) y todos fueron polimórficos. El análisis de conglomerados con datos fenotípicos y de RAPD demostró que no existió agrupamiento definido de los árboles con base a la huerta de origen. La diversidad morfológica y genética observada es desfavorable debido a que la variación en formas y colores de frutos afecta la uniformidad y la calidad de la producción.

En 2002, Padilla *et al.* caracterizaron fenotípica y genotípicamente a doce selecciones de guayabo de 12 años, establecidas en Huanusco, Zacatecas. Se midieron 10 características del fruto, su cinética de crecimiento, la fenología y la productividad de cada selección. Las selecciones se estudiaron con la técnica del ADN Polimórfico Amplificado al Azar (RADP's). El diámetro ecuatorial, grosor de mesocarpio, peso de semilla, color de pulpa y forma de fruto mostraron alto valor descriptivo del fruto de guayabo. Se observó correlación y tamaño del fruto. El crecimiento del fruto mostró un crecimiento trimodal o doble sigmoide consistente en tres fases, las cuales tienen diferente tasa de crecimiento. La selección 106 difirió del resto de selecciones, debido a que mostró los valores mayores de diámetro polar y ecuatorial de fruto, grosor de mesocarpio y peso de semillas por fruto, así como valores menores de peso promedio

de semillas y contenido de sólidos solubles. El análisis de conglomerados de datos de RAPD detectó una similitud genética de 88 a 96% entre selecciones. Las selecciones más tardías en el periodo de producción, con menor rendimiento de fruto fresco y número de frutos por árbol y mayor producción de fruto por calidad de primera, mostraron un agrupamiento genéticamente homogéneo. Los resultados destacan la disponibilidad de germoplasma seleccionado de guayabo con altos índices de productividad y de calidad, adaptados a las condiciones de producción de México.

Laguna *et al.* (1998), con el objetivo de caracterizar la diversidad fenotípica presente en una población altamente variable de dalia (*Dahlia variabilis*) procedente de semilla y detectar patrones útiles para orientar su mejoramiento genético, evaluaron una muestra de 86 familias de medios hermanos en un diseño de bloques completos al azar durante los ciclos (1992 y 1993), en Tecámac, Edo. de México, considerándose ocho caracteres de interés ornamental. Los resultados indicaron que hubo una alta variabilidad en casi todas las características evaluadas, para familias y años (este último asociado a la forma de propagación), no así en su interacción. Las variables más afectadas por años fueron: número de lígulas (de 23 a 30), número de capítulos (de 30 a 82), altura de planta (0.95 a 1.43 m); estas variables también sirvieron para discriminar entre los trece grupos formados al utilizar un análisis de conglomerados considerando una distancia euclidiana promedio de 0.84 unidades y estuvieron altamente correlacionadas con las tres primeras componentes obtenidas del análisis de componentes principales.

Luna y Aguirre (2001), explican que aunque los frutos de más de 20 especies de cactáceas columnares (14 cultivadas, 10 de éstas de *Stenocereus*) han sido aprovechadas por varias culturas Meso y Áridoamericanas, solo una de fruto no comestible ha sido reconocida como domesticada. Para estudiar la variación morfológica del fruto y la posible domesticación de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* en la Mixteca, durante 1995-96 se realizaron observaciones, entrevistas personales y se midieron 18 atributos morfológicos en más de 300 frutos pertenecientes a 21 poblaciones entre cultivadas, toleradas, abandonadas y espontáneas. De acuerdo con el tipo de población y la especie, se encontraron diferencias estadísticas en la mayoría

de los atributos, excepto en el tamaño y peso relativo de la semilla y en el número de aréolas. La clasificación multivariable agrupó las poblaciones de acuerdo con sus relaciones naturales y culturales, los tres primeros CP's, relacionados con el tamaño, peso y calidad del fruto, y el tamaño y peso de la semilla, resumieron de 62 a 67% de la variación morfológica. Sobre todo en *S. pruinosus*, los mixtecos han seleccionado en sus huertos frutos más grandes, pesados, dulces y espinosos, además con distintos colores, sabores, formas y épocas de producción. Dada la ausencia de tal variabilidad en las poblaciones silvestres, las evidencias sobre su uso e importancia cultural prehistórica y el profundo conocimiento tradicional actual sobre su aprovechamiento, es muy probable que su cultivo y domesticación se hayan iniciado desde la época prehispánica. La selección posiblemente se ha intensificado en las últimas décadas por el estímulo del mercado.

El trabajo de Latournerie *et al.* (2002), se llevó a cabo con el objetivo de describir la diversidad morfológica *in situ* y determinar la relación entre la clasificación de los chiles que hacen los agricultores y la variabilidad morfológica fenotípica. Durante la exploración se tomaron datos *in situ* de una serie de caracteres de planta, flor y fruto de 75 poblaciones o muestras en 43 parcelas de cultivos (milpa) y solares de la comunidad objetivo. De acuerdo con la denominación de los agricultores las muestras descritas se clasificaron en siete morfotipos; los primeros seis pertenecen al *Capsicum annum* L. nominados como Ya'ax ic, Xcat'lc, Cha'huá, Dulce, Sucurre y Maax o Maaxito, éste último *C. annum* var. *aviculare* (Dierb.). Además, un morfotipo de la especie *C. chinense* Jacq. conocido ampliamente como Habanero. A través de la clasificación que hacen los agricultores, se reconocen tres niveles de diversidad; entre y dentro de especies, y la diversidad dentro de los morfotipos o variedades criollas, aunque ellos los llamen simplemente como tipos. Los análisis de componentes principales, conglomerados y de discriminante determinaron que existe alta consistencia, en más de 80% de los casos, entre la denominación que hace el agricultor de los chiles y los diferentes grupos morfológicos, incluyendo ciertos complejos fenotípicos.

Canul *et al.* (2005) caracterizaron 36 poblaciones nativas de calabaza cultivadas en el Centro-Oriente de Yucatán, de las especies *C. moschata* (26) y *C. argyrosperma* (10), asociadas con una variedad de maíz (*Zea mays* L.) tipo "Xnuc Nal" sembrada a 40 000 plantas/ha. Características cualitativas (11) y cuantitativas (14) de planta, fruto y semilla fueron analizadas con componentes principales, correspondencia simple y conglomerados. Ambas especies se separaron con base en sus características morfológicas en forma clara; y dentro de cada especie se formaron subgrupos con características diferenciales. Largo, ancho y peso de 100 semillas, días a floración femenina, grosor de pulpa, y largo y ancho de fruto explicaron mayormente la variación cuantitativa; lóbulo de la hoja, forma longitudinal del fruto e intensidad del moteado de la hoja explicaron mayormente la variación cualitativa. Las poblaciones de *C. moschata* se caracterizaron por tener semillas pequeñas de margen delgado, precocidad de intermedia a tardía, diferentes formas y tamaños de fruto con mesocarpio grueso y abundante pubescencia en el tallo. En contraste, las poblaciones de *C. argyrosperma* son más precoces, de semillas más grandes con margen grueso, frutos redondos de tamaño pequeño a mediano y escasa pubescencia en el tallo.

Una caracterización de genotipos de sapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacquin) H. E. Moore & Stearn] de la región subtropical del Centro-Occidente de Michoacán, México fue realizada por Bayuelo y Ochoa (2006), con base en parámetros morfológicos cualitativos y cuantitativos, que se analizaron mediante análisis de conglomerados y componentes canónicos. Se detectaron así seis grupos con 6, 5, 11, 13, 6 y 3 árboles de sapote mamey, respectivamente. Las variables peso, longitud y diámetro del fruto, espesor y peso del mesocarpio, la relación longitud y diámetro del fruto, forma, aroma y textura, resultaron ser las más importantes para diferenciar los grupos. La variable canónica CAN1 explicó 92% de la variación acumulada entre los grupos evaluados. El peso del fruto, el espesor del mesocarpio y el peso del mesocarpio fueron las características morfológicas dominantes de la variable canónica CAN1 con coeficientes canónicos estandarizados de 4.09, -3.9 y 1.78, respectivamente; por tanto, serían las variables más importantes para usarse como criterio de selección de genotipos de mamey con frutos de uniforme y mayor calidad para consumo en fresco

o productos procesados. Las pruebas de F y de χ^2 confirmaron la variabilidad entre dichos grupos, aunque no se observó una relación entre el origen de los materiales y el grupo en el cual se clasifican. Estos resultados proveen el primer estudio sobre la diversidad morfológica de frutos de mamey y su potencial para producción en el estado de Michoacán, México.

Morales (2002) caracterizó 32 líneas de maíz (EEA INTA-Pergamino) junto con dos poblaciones sintéticas, utilizando 21 secuencias microsatélites distribuidas uniformemente sobre el genoma, mediante Reacción de Polimerización en Cadena ("Polymerase Chain Reaction"). Se utilizaron como iniciadores secuencias –de 8 a 24 bases- complementarias a las que flanquean las secuencias de repetición. Las mismas se obtuvieron del trabajo de caracterización de líneas de maíz realizado por el "Working group on Biochemical and Molecular Techniques and DNA profiling in particular" y se corroboraron en el "Maize Data Bank". Se observó una media de 6 alelos por locus, variando los contenidos de información polimórfica de las líneas entre 0 y 0.90, con una media de 0.65. El agrupamiento de individuos se realizó mediante promedios aritméticos no ponderados entre grupos por pares ("Unweighted Pair Group Arithmetic Average"), aplicados a la matriz de similitud obtenida con el coeficiente de Jackard. La correlación entre la matriz de distancia génica obtenida con Jackard y la obtenida con datos de actividad combinatoria específica previamente establecidos resultó del 44%. La baja correlación obtenida se atribuyó a la distribución uniforme de secuencias microsatélites, que no necesariamente reflejó la existencia de loci de caracteres cuantitativos ("Quantitative Trait Loci"), así como también a las limitaciones del modelo de infinitos alelos ("Infinite Allele Model").

En Cuba, Miranda *et al.* (2006) evaluaron la variación genética de 27 accesiones locales de frijol común colectadas en la comunidad de El Tejar-La Jocuma, utilizando marcadores moleculares RAPD) y caracteres morfológicos y agronómicos. En total emplearon 15 cebadores RAPD que generaron 31 fragmentos polimórficos de ADN (un promedio de 2.03 fragmentos por cebador). Las distancias genéticas fueron calculadas utilizando el coeficiente de similitud de Sorensen-Dice, y representadas

mediante un dendrograma (método UPGMA). Se evaluaron una serie de caracteres morfológicos y agronómicos con los que se realizaron análisis multivariados) y un análisis de componentes principales. El análisis generado a partir de los marcadores RAPD y de los caracteres morfoagronómicos, reveló que las accesiones estudiadas generaron dos grupos principales que corresponden presumiblemente a los acervos Mesoamericano y Andino, considerando las distancias genéticas entre grupos y las diferencias en determinados caracteres morfológicos y agronómicos.

Nunes y Smith (2003) estudiaron la variabilidad de características florales de trébol rosa (*Trifolium hirtum* All) en la U. S. Plant Introduction Collection. Se evaluaron sesenta y seis accesiones de trébol rosa, de ocho países diferentes. Las observaciones se registraron en plantas individuales a intervalos de 4 días, incluyendo primera elongación de entrenudos, primer brote, primera flor, primer color, llenado de grano, y maduración de semilla. En general, el trébol rosa se comportó como una planta del día largo y floreció en fotoperíodos de 12 a 14 hrs. Se identificaron treinta y un líneas de trébol de rosa dentro del rango de madurez de 172 a 182 días (DOY) a llenado de grano, veintisiete fueron identificadas dentro del rango de madurez de 162 a 170, sólo cinco líneas de trébol rosa alcanzaron llenado de grano en menos de 162, y sólo tres tomaron más de 183. Se encontró un rango de 40 días de diferencia en tiempo para alcanzar madurez para el germoplasma de trébol rosa estudiado. Utilizando análisis de componentes principales y análisis de conglomerados, el germoplasma fue separado en tres grupos de diferente maduración: precoz, intermedia, y tardía

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización Geográfica

La Comarca Lagunera se localiza en la parte central de la porción Norte de los Estados Unidos Mexicanos; se encuentra limitada por los meridianos 102°00" y 104°47" W, y por los paralelos 24°22" y 26°23" N, a una altura que va de 1100 a 1400 msnm, promediando 1139 m (SARH, 1993), con una superficie aproximada de 500 mil Has, de las cuales 275 mil están abiertas al cultivo (SARH, 1985). El clima es de tipo árido, caliente y desértico. Le corresponde la clasificación "E" de Martomme, en base a temperatura media anual y el índice de aridez en la zona baja de las cuencas del Río Nazas y Aguanaval. La precipitación pluvial anual es de aprox. 309.1 mm. y las temperaturas máximas corresponden a 30.39 °C, las mínimas a 10.29 °C y la media anual es de 20.14 °C. (SARH, 1993).

3.1.1. Localización del Experimento

El presente se estableció en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Unidad Laguna, ubicada en el Periférico "Raúl López Sánchez" de la Ciudad de Torreón, Coahuila, México.

3.2. Material Genético

El material genético empleado constó de 100 genotipos (7 progenitores macho, 8 progenitores hembra, 43 cruza F_1 y 42 cruza F_2) generados en tres ciclos de cultivo continuos (Cuadro 3.1), a partir de selecciones sucesivas, las cuales corresponden a las selecciones 2, 7, 39, 48, 51, 54, 55 y 60 de girasol cultivado y II, III, IV, V, VI, VII y VIII de girasol silvestre, las cuales han sido cruzadas. Las selecciones de girasol cultivado provienen del trabajo de Concilco (2004), y el girasol silvestre de colectas de origen ruso y europeo, realizadas por el Dr. Anatolí Borodanenko; y sus genealogías se muestran en el Cuadro 8.1.

Cuadro 3.1. Genotipos empleados, consistente de ocho progenitores hembra y siete progenitores machos, con sus respectivas F₁ y F₂.

♀/♂	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
2	2XII F1	2XIII F1	2XIV F1	2XV F1			2XVIII F1	F ₁
7	7XII F1	7XIII F1	7XIV F1	7XV F1	7XVI F1	7XVII F1	7XVIII F1	
39	39XII F1	39XIII F1	39XIV F1	39XV F1		39XVII F1	39XVIII F1	
48	48XII F1	48XIII F1	48XIV F1	48XV F1	48XVI F1	48XVII F1	48XVIII F1	
51	51XII F1	51XIII F1	51XIV F1		51XVI F1	51XVII F1	51XVIII F1	
54	54XII F1	54XIII F1			54XVI F1	54XVII F1	54XVIII F1	
55					55XVI F1			
60	60XII F1	60XIII F1	60XIV F1	60XV F1	60XVI F1		60XVIII F1	
2	2XII F2	2XIII F2	2XIV F2	2XV F2			2XVIII F2	F ₂
7	7XII F2	7XIII F2	7XIV F2	7XV F2	7XVI F2	7XVII F2	7XVIII F2	
39	39XII F2	39XIII F2	39XIV F2	39XV F2		39XVII F2	39XVIII F2	
48	48XII F2	48XIII F2	48XIV F2	48XV F2	48XVI F2	48XVII F2	48XVIII F2	
51	51XII F2	51XIII F2	51XIV F2		51XVI F2	51XVII F2	51XVIII F2	
54	54XII F2	54XIII F2			54XVI F2	54XVII F2	54XVIII F2	
55								
60	60XII F2	60XIII F2	60XIV F2	60XV F2	60XVI F2		60XVIII F2	

3.2.1. Incremento y Formación de Líneas

En verano de 2005, se incrementaron materiales de girasol cultivado con un nivel de endogamia de S₁, los cuales son una selección realizada por Concilco (2004), a partir de la variedad SANE 1 obtenida en la UAAAN-Unidad Saltillo, al mismo tiempo que se comenzó el incremento y endogamia de girasol silvestre. El girasol cultivado se avanzó a S₂ y el silvestre a S₁.

Este incremento de material se realizó mediante autofecundaciones tanto en girasol cultivado como silvestre, cubriendo los capítulos con bolsas de papel para evitar la entrada de polen extraño, que pudiera alterar las características existentes.

3.2.2. Formación de Híbridos F₁ y avance a F₂

Del material incrementado del ciclo anterior se seleccionaron 60 líneas tomando en cuenta características como: uniformidad y porte. Estas líneas se establecieron en campo en el ciclo P-V de 2006, las cuales fueron nuevamente seleccionadas *in situ* por

uniformidad y porte; en esta selección solo se tomaron ocho líneas de girasol cultivado y siete de girasol silvestre, considerando al girasol cultivado como progenitor hembra y al girasol silvestre como progenitor macho; al mismo tiempo se realizaron autofecundaciones en una planta de cada progenitor para continuar con la endogamia y conservando la identidad genética de las líneas parentales.

Para llevar a cabo la realización de las cruzas se emascularon cada una de las ocho líneas de girasol cultivado, actividad que consistió en eliminar las anteras de la flor destinada a ser el progenitor hembra y que se realizó diariamente por las mañanas para evitar que el capítulo fuera fecundado con su mismo polen y por la viabilidad del polen del girasol silvestre que era el que funcionaba como macho, asimismo se polinizaba manualmente y por frotamiento, con el polen de cada línea progenitora macho, para cada línea hembra.

En verano del mismo año (2006) se sembraron nuevamente los 15 progenitores (7 machos y 8 hembras) mas las 56 cruzas resultantes del ciclo anterior. Éstas de nuevo se autofecundaron cada una para obtener más endogamia en las líneas parentales y avanzar en sus cruzas de la generación F_1 a la F_2 , mediante el cubrimiento de capítulos individuales con bolsas de papel.

3.2.3. Evaluación de Híbridos F_1 , F_2 y Líneas Progenitoras

En el ciclo de primavera 2007 se establecieron ocho líneas de girasol cultivado, 7 líneas silvestres y 42 genotipos F_1 provenientes de las cruzas entre los dos tipos de líneas anteriores (obtenidas dos ciclos antes), con sus respectivas F_2 (obtenidas el ciclo anterior), así como una cruza que sirvió como testigo y para balancear los bloques constituidos por 4 grupos de 25 tratamientos cada uno.

3.3. Diseño y Parcela Experimental

Los materiales sembrados en primavera de 2007 fueron evaluados en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, en parcelas que consistieron de un

surco por genotipo por repetición. La siembra se realizó en surcos sencillos a 0.76 cm. entre surco, cada surco con una longitud de 4 m y una distancia entre plantas de 0.40 m, con un total de 11 plantas por parcela / repetición.

3.4. Manejo del Cultivo

La siembra de evaluación se realizó el 23 de marzo de 2007. El sistema de riego empleado fue presurizado por goteo, empleando cintilla. Las labores de manejo de este cultivo consistieron en fertilización, riegos y control de plagas y malezas, de acuerdo a las recomendaciones para el manejo de cultivo de maíz (Reta *et al.*, 2001).

3.5. Toma de Datos y Cosecha

De acuerdo a la distribución de los genotipos, la toma de datos fue en seis plantas con competencia completa, descartando las plantas de las orillas de cada parcela experimental. Las plantas a evaluar para variables cuantitativas se tomaron al azar, en tanto para las cualitativas se tomó la totalidad de las plantas presentes en la parcela. La cosecha se realizó manualmente, con los capítulos en bolsas de papel identificadas con su número de parcela.

3.5.1. Variables Registradas

Se realizó la toma de datos de acuerdo con algunas de las características de algunos descriptores para la caracterización de girasol (UPOV, 2000), realizando ciertas adecuaciones a las condiciones en las que fue realizado el experimento. Se tomaron variables de tipo cuantitativo así como cualitativas.

3.5.1.1. Variables Cuantitativas

Días a Emergencia (EM). Contabilizados en días desde la siembra hasta que el 75% de las plántulas calculadas con germinación, emergió a la superficie.

Días a Aparición de Botón (AB). Se estimó en días desde la siembra hasta que el 75% de las plantas por parcela presentó botón floral, el cual se indica en el momento en que aparece la “estrella” en la parte superior del tallo principal.

Días a Inicio de Floración (IF). Es considerada como el número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 75% de las plantas de cada parcela en cada repetición inició su antesis. Se consideró que una planta estaba en flor cuando una flor tubular tuviera las primeras apariciones de polen.

Días a Final de Floración (FF). Es indicada como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el total de plantas de cada parcela terminó antesis, considerando como indicio de final de floración cuando los últimos anillos muestran la caída de polen.

Intervalo De Floración (IDF). Medido como el número de días transcurridos desde que inició la antesis hasta que terminó. Es la diferencia simple entre FF e IF.

Número de Hojas (NH). Se consideró el número total de hojas de cada una de las seis plantas en la etapa de floración

Diámetro Interno del Capitulo (DIC). Se tomaron dos medidas cruzadas en todos los capítulos de cada parcela y el promedio fue el que se asignó como el diámetro de cada una de las entradas.

Diámetro Total del Capitulo (DTC). Se midió el diámetro total del capítulo (disco central más pétalos o lígulas), con una cinta métrica en la porción más amplia del capítulo.

Longitud de Pétalos (LP). Se obtuvo por diferencia de las dos anteriores (DTC menos DIC) para considerar la magnitud o longitud de los pétalos.

3.5.1.2. Variables Cualitativas

Ramificación. Se contabilizaron el número de plantas ramificadas por parcela, registrándose como proporciones relativas de 1; TSR (Tallo Sin Ramas), asignando una notación de 0=sin ramas y 1=ramificado.

Coloración Antociánica del Tallo. Se contaron todas la plantas de la parcela y se identificaron (contaron) el número de plantas con tallo de color verde (TV) y tallo de color morado (TM), en una escala de proporción, notando con 0=verde y 1=morado.

Color del Centro de Capitulo (CCC). Se contabilizaron las plantas de la parcela y se contabilizó el número de plantas con centro (Flósculo) negro y con centro amarillo o verde, usando una notación de 0=amarillo o verde y 1=negro.

Presencia de Resina (PR). Contabilizando las plantas de la parcela y registrando 0=ausencia y 1=presencia, de resina en el capitulo de las plantas de cada parcela.

Hilera de Pétalos (HP). Se contaron las plantas por parcela y se identificó con la nomenclatura: 0=hilera sencilla de pétalo y 1=flores con dos o mas hileras de pétalos.

Tipo de Pétalo (TP). De las plantas de cada parcela se contaron de acuerdo al tipo de pétalo que presentaban: 0=ovalado y 1=alargado.

Color de Pétalos (CP). Se colectaron muestras representativas de los colores de pétalo presentes en cada parcela y se llevaron a laboratorio para su identificación. La calificación de color en las lígulas del capitulo de girasol, no pudo ser medida en términos de una escala fija y determinada, sino mas bien en la amplia variación que mostraron los cien genotipos presentes; se agruparon y formaron clases de acuerdo a su tipo de color (uniforme o matizado), tonalidad, y distribución y forma de los pétalos. La agrupación general se constituyó de cuarenta y cinco clases formadas por visión simple, sin embargo debido a las dificultades para su computo, fue necesario reducir la

escala tomando en cuenta solo los grupos principales, formándose así once grupos representativos o patrones a los que se les colocaron letras del alfabeto; adicionalmente se tomaron fotografías para registrar color en campo de cada capítulo y tener mas referencias para poder calificar. Para el análisis de componentes se agruparon por la tonalidad principal, esto con la finalidad de disminuir el número de grados y facilitar el cómputo y análisis de datos, para posteriormente asignar solo siete clases principales a la variable Color de Pétalos (Cr).

3.6. Análisis de Datos

Las variables tomadas en girasol se sometieron a tres tipos de análisis estadísticos: Correlaciones Simples entre Variables (CS), Análisis de Componentes Principales (ACP) para variables y genotipos, y Análisis de Conglomerados o Clúster (AC) entre genotipos con los promedios de cada variable como se muestra en Cuadro 8.2, utilizando el paquete estadístico Statgraphics Plus 5.1 Enterprise Edition (Statistical Graphics Corp.), para determinar las características que tienen mayor valor descriptivo y explicar la variabilidad entre las selecciones de girasol en base a características de las variables evaluadas.

3.6.1. Correlaciones Simples entre Variables

Para las Correlaciones Simples se utilizó la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}$$

Se recurrió a las tablas estadísticas de Pearson para definir la significancia de estas correlaciones solo al nivel de probabilidad, $p \leq 0.05$.

3.6.2. Análisis de Componentes Principales

En lo que respecta al ACP, el planteamiento es el siguiente (Manly, 1986).

Genotipos	Variables			
	X_1	X_2	...	X_p
1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1p}
2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2p}
·	·	·	...	·
·	·	·	...	·
·	·	·	...	·
n			...	X_{np}

El primer componente principal es la combinación lineal de las variables X_1, X_2, \dots, X_p , de forma $Z_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p$, donde a son los elementos de los eigenvectores correspondientes, que varía tanto como sea posible para los genotipos, sujeto a la condición de que:

$$a_{11}^2 + a_{12}^2 + \dots + a_{1p}^2 = 1$$

Donde, la varianza de Z_1 , $\text{var}(z_1)$ es tan grande como sea posible, entonces el 2° componente principal es:

$$z_2 = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p$$

y $\text{var}(z_2)$ es tan grande como sea posible, con la condición de:

$$a_{21}^2 + a_{22}^2 + \dots + a_{2p}^2 = 1$$

y también la condición de que z_1 y z_2 no estén correlacionados.

Para encontrar los eigenvalores, la matriz de covarianzas adopta la forma:

$$C = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & \dots & C_{1p} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & \dots & C_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & & \cdot \\ C_{p1} & C_{p2} & C_{p3} & \dots & C_{pp} \end{pmatrix}$$

Donde los elementos de la diagonal, c_{ii} , es la *varianza de x_i* (cada variable) y c_{ij} , es la covarianza de las variables x_i y x_j , los eigenvalores serían las varianzas de los componentes principales de la matriz $c : \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = c_{11} + c_{22} + \dots + c_{pp}$.

Dicho análisis se realizó para todos los genotipos y variables, para las cruzas y las variables y posteriormente se realizó solo para las variables más importantes.

3.6.3. Análisis de Clúster

Medidas de similitud. En realidad, es bastante subjetivo el hecho de elegir una medida de similitud ya que depende de las escalas de medida. Se pueden agrupar observaciones según la similitud expresada en términos de una distancia. Si se agrupan variables, es habitual utilizar como medida de similitud los coeficientes de correlación en valor absoluto. Para variables categóricas existen también criterios basados en la posesión o no de los atributos (tablas de presencia-ausencia).

Dados dos vectores x_i, x_j pertenecientes a \mathbb{R}^k , diremos que hemos establecido una distancia entre ellos si definimos una función d con las propiedades siguientes:

1. $d : \mathbb{R}^k \times \mathbb{R}^k \rightarrow \mathbb{R}^+$, es decir $d(x_i, x_j) \geq 0$;
2. $d(x_i, x_i) = 0 \quad \forall i$, la distancia entre un elemento y sí mismo es cero.

3. $d(x_i, x_j) = d(x_j, x_i)$, la distancia es simétrica

4. $d(x_i, x_j) \leq d(x_i, x_p) + d(x_p, x_j)$, la distancia verifica la propiedad triangular.

Estas propiedades generalizan la noción intuitiva de distancia euclídea entre dos puntos.

3.6.3.1. Distancia Euclídea (Distancia entre Objetos).

Los datos para el análisis de cluster consisten, usualmente, de los valores de p variables x_1, x_2, \dots, x_p , para los n genotipos, utilizando la distancia euclidiana como:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (\chi_{ik} - \chi_{jk})^2}$$

En notación vectorial se expresa como

$$d_{I_i I_j}^2 = (x_i - x_j)'(x_i - x_j).$$

Donde χ_{ij} es el valor de la variable χ_k para el individuo i y χ_{jk} es el valor de la misma variable, para el individuo j , quedando la interpretación, para más de z variables de la siguiente manera:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2 + (x_{i3} - x_{j3})^2}$$

3.6.3.2. Coeficiente de Correlación de Pearson (Distancia entre Variables).

Se define como:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

Donde S_{xy} es la covarianza muestral entre x e y , S_x y S_y son las desviaciones estándar de x e y respectivamente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características Generales de Cien Genotipos de Girasol Ornamental

Las dieciséis variables consideradas en el estudio mostraron correspondencia a sus escalas de medida. De acuerdo a las variables cuantitativas, estas presentan desviaciones estándar ligeramente superiores a las cualitativas. De modo contrario, las variables de tipo cuantitativo muestran coeficientes de variación (CV) menores, y por lo tanto más confiables, hablando numéricamente (Falconer, 1970). A pesar de tener CV superiores a 50%, las variables de tipo cualitativo consideran variaciones de menor rango, ya que poseen una escala de 0 a 1, para manifestar principalmente ausencia o presencia; la medida de estas magnitudes toma como referencia a la media para cada variable en cada genotipo (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Sumario estadístico de datos tomados en cien genotipos de girasol ornamental (*Helianthus annuus* L.). Torreón, Coah. 2007.

	\bar{X}	σ^2	D. E	E. E	Min	Max	Rango	C. V.
EM	6.79	1.35	1.16	0.12	5	11	6	17.13%
AB	42.45	9.89	3.15	0.31	38.50	56.53	18.03	7.41%
IF	56.15	5.16	2.27	0.23	45.32	64.42	19.10	4.04%
FF	62.22	5.89	2.43	0.24	51.47	72.57	21.11	3.90%
IDF	6.08	0.50	0.71	0.07	4.50	8.15	3.65	11.69%
TSR	0.60	0.11	0.33	0.03	0	1	1	55.81%
TV	0.55	13.17	0.36	0.04	0	1	1	68.99%
NH	23.61	13.47	3.67	0.37	16.67	34.75	18.08	15.55%
PR	0.52	0.09	0.30	0.03	0	1	1	58.82%
TP	0.99	0.00	0.06	0.01	0.5	1	0.5	5.72%
HP	0.17	0.07	0.27	0.03	0	1	1	156.55%
DIC	8.80	0.92	0.96	0.10	6.49	11.33	4.84	10.90%
DTC	18.64	2.67	1.63	0.16	12.49	22.83	10.34	8.77%
LP	9.83	0.96	0.98	0.10	6.00	12.08	6.08	9.97%
CCC	0.43	0.12	0.34	0.03	0	1	1	79.85%
Cr	3.54	0.77	0.88	0.09	1	7	6	24.85%

EM=Emergencia; AB=Aparición de Botón; IF=Inicio de Floración; FF=Final de Floración; IDF=Intervalo de Floración; TSR=Tallo Sin Ramificación; TV=Tallo Verde; NH=Numero de Hojas; PR=Presencia de Resina (0=ausencia, 1=presencia); TP=Tipo de Pétalo (0=ovalado, 1=alargado); HP=Hileras de Pétalos (0=sencillo, 1=doble); DIC=Diámetro Interno de Capitulo, DTC=Diámetro Total de Capitulo; LP=Longitud del Pétalo; CCC=Color del Centro del Capitulo (0=amarillo o verde, 1=negro); Cr=Color del Pétalo.

Los valores referentes a Aparición de Botón (AB), Inicio de Floración (IF) y Final de Floración (FF), pueden parecer algo ilógicos por los periodos en los que se presentan cada una de estas etapas, porque al parecer mientras algunos genotipos están iniciando floración otros ya están finalizando, sin embargo, esto se explica debido a la disimilitud entre el tipo de materiales empleados, los niveles de endogamia y las generaciones empleadas en esta investigación. Los rangos encontrados en estos periodos indican ésta amplia variabilidad, aunque muestran CV's de baja magnitud, por lo cual se considera que son ampliamente confiables (Cuadro 4.1).

En las Figuras 4.1 y 4.2, se muestra, gráficamente el comportamiento promedio de los cien genotipos ornamentales evaluados. Este tipo de gráfico se conoce como "Gráfico de Estrellas" y sirve principalmente para ubicar espacialmente la forma en que se expresan los genotipos, además de facilitar la interpretación de las características objeto de estudio. Cada vértice de la estrella representa una de las dieciséis características medidas y la magnitud adimensional, por la estandarización de variables del método multivariado de componentes, ya que se manejan varias escalas de medición y es necesario manejar integralmente toda esta información para poder determinar la importancia de cada parámetro. Se ordenan en forma ascendente de acuerdo a su origen genético.

Puede observarse al momento de comparar las características de cada uno de los materiales genéticos evaluados, las similitudes mas claramente marcadas en los genotipos VII y VIII, 54 y 55, y 60xIII F₂ y 60xVI F₂ (Figuras 4.1 y 4.2), además de tener las mínimas distancias euclidianas entre ellas (Figura 4.7), lo que al parecer indica que son líneas hermanas o tienen un origen común, ya que posiblemente estas pudieran tener el mismo origen genético y la selección en este trabajo se realizó en una característica que anteriormente haya sido tomada en cuenta, pero que se omitió en ésta evaluación. La más amplia variabilidad en los genotipos se encontró en la generación F₂, en la cual la mayoría de los materiales divergen enormemente en sus características conjuntas.

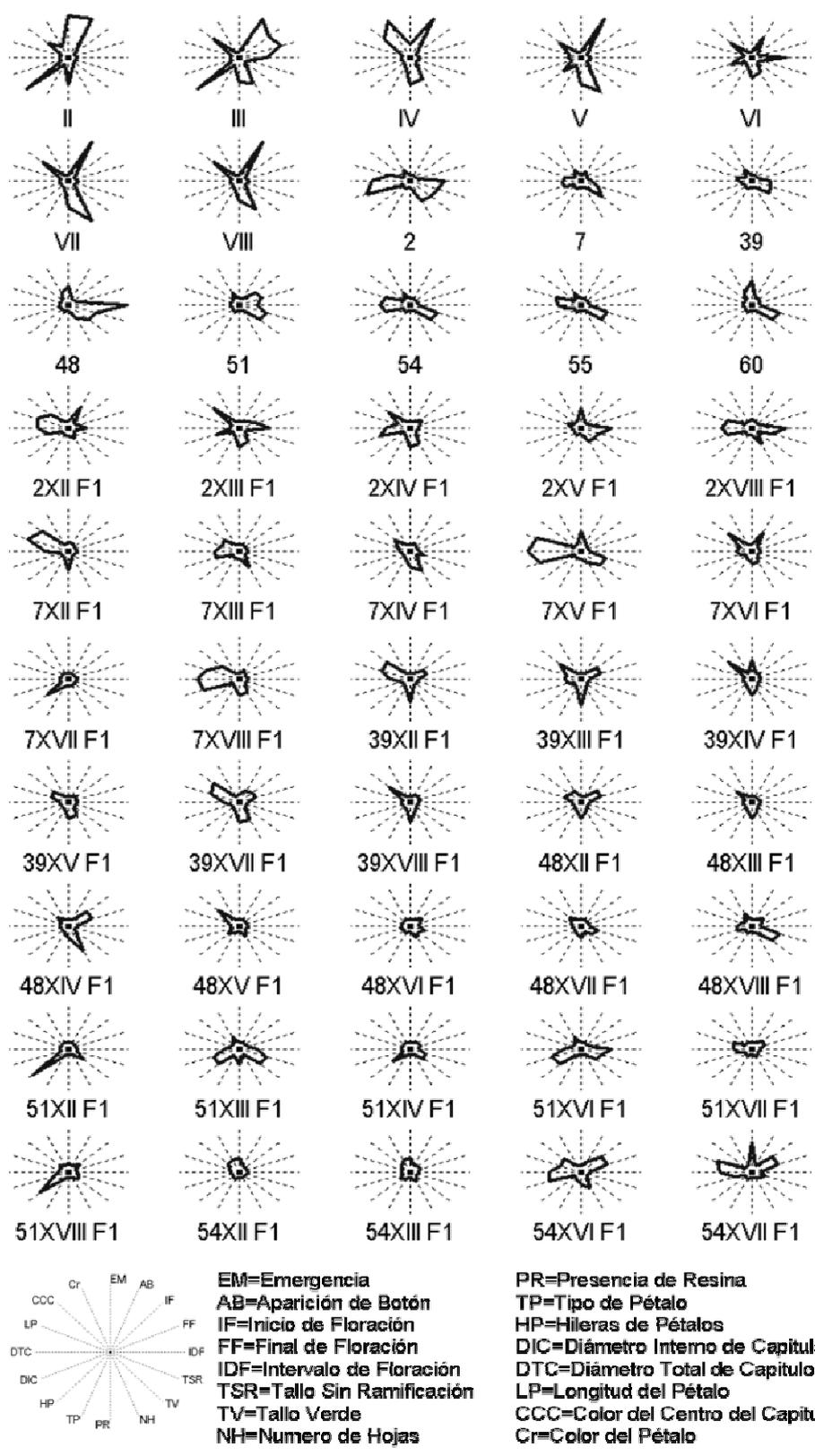


Figura 4.1. Características generales de 50 genotipos de girasol ornamental (I). El círculo inferior muestra la posición de cada variable en el grafico de cada genotipo.

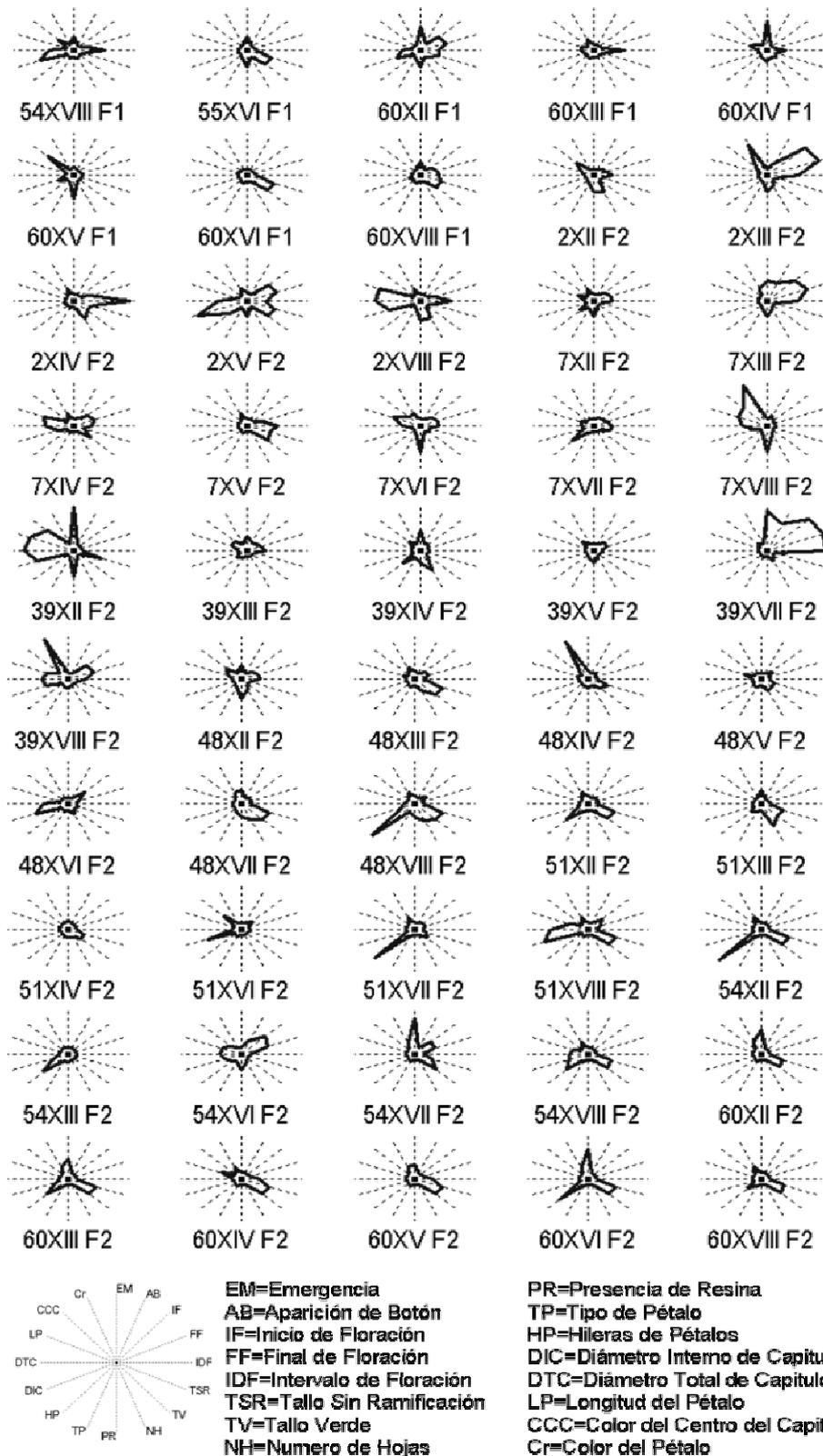


Figura 4.2. Características generales de 50 genotipos de girasol ornamental (II).
 El círculo inferior muestra la posición de cada variable en el grafico de cada genotipo

El histograma de la Figura 4.3 muestra las frecuencias presentadas en el caso de parámetros de color en pétalos de girasol. Como se observa, la frecuencia de los colores etiquetados como 3 y 4 es alta, correspondiendo el 3 a tonos matizados en los pétalos de girasol, y el 4 al amarillo, proveniente de los materiales cultivados, lo cual indica herencia poligénica, ya que al unir las líneas medias de cada barra se forma una grafica continua, los puntos medios o fraccionarios indican que en el genotipo se presentaron varios colores, determinando en este caso una media de estos tonos, y resultando mas tendiente hacia un lado, ya sea al amarillo de los cultivados o al guinda o matizado de los silvestres. Es de destacar que entre toda esta gama de colores es difícil distinguir o discriminar sobre cual color es importante, ya que la baja frecuencia de algunos de ellos, pero su llamativo colorido hacen mas difícil su consideración como un carácter fijado o una segregación espontánea. Los colores mas vivos y llamativos son aquellos que consisten de pétalos de tonos rojizos con las puntas de color amarillas o amarillo alimonados (colores 5 y 6), existiendo también aquellos con un nivel demasiado extremo como son el guinda y el alimonado (colores 1 y 7, respectivamente) (Cuadro 8.4). Solo tres genotipos mostraron estos colores.

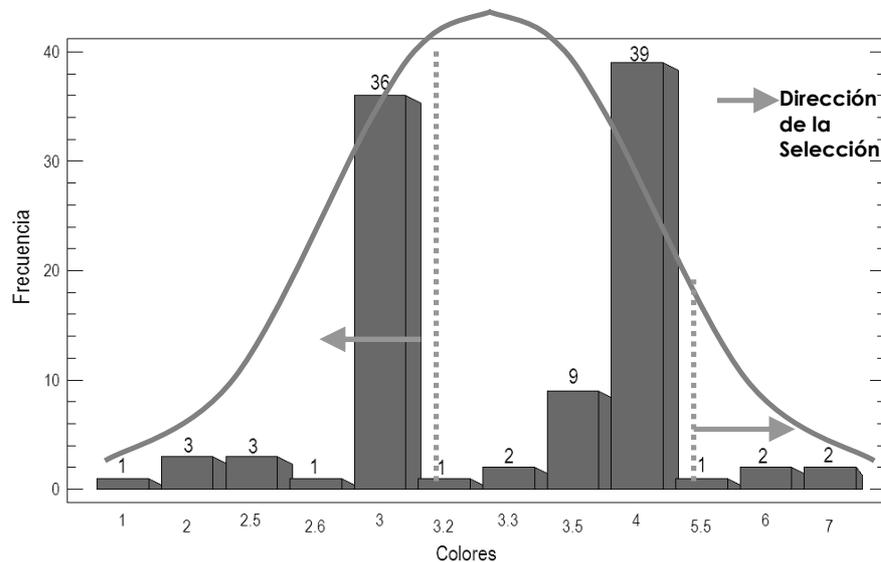


Figura 4.3. Frecuencias de color predominante para cien genotipos de girasol ornamental (*Helianthus annuus* L.). Torreón, Coah. 2007

La variable Inicio de Floración (IF) es uno de los factores con mas importancia, ya que se esta logrando uno de los principales objetivos que se buscan, ya que la

media de tratamientos en este experimento muestra que tienen que pasar de 45 a 64 DDS para iniciar antesis, en comparación con lo reportado por De la Vega y Chapman (2006) quienes al emplear diez híbridos registraron días a floración desde 77 hasta 82, asimismo, Rao *et al.* (2004) registraron en quince híbridos y tres variedades, rangos de 60.2 a 73.6 días, lo cual indica que el material empleado en esta prueba es demasiado precoz; sin embargo, Sujatha *et al.* (2002) señalan que aunque encontraron alta variación, el rango de floración al 50% de antesis estaba comprendido entre 47.50 y 58 DDS para las líneas puras que emplearon. Esto puede ser explicado tomando en cuenta que los días a floración de híbridos F_1 son mas precoces que lo progenitores, ya que este carácter es dominante sobre la floración tardía (Unrau, 1947; Putt, 1966; Shabana, 1974).

El intervalo de floración (IDF) es una característica de importancia para el floricultor, al determinar el periodo de vida útil del producto. Ésta vida útil está limitada por la senescencia de hojas y pétalos, la cual puede variar de acuerdo a una correlación positiva con la longitud del tallo de 5 días en tallos de 50 cm. a 9 días en tallos de 70 cm. (Mensuali y Ferrante, 2005). Devecchi (2005) explica que la vida comercial de girasol se estima en alrededor de 8 días, con variaciones entre las diferentes variedades de entre 5.3 a 14.7 días; menciona también el empleo de surfactantes que incrementan este periodo en un 30% mas que con el simple uso de agua deaemonizada, o usando 1-Metilciclopropileno (Ethylbloc ®). Los resultados obtenidos indican que a campo abierto la senescencia de la flor es mas rápida que cuando es cosechada y tratada con un buen manejo de conservación. El periodo con floración (Intervalo de floración) varió de 4.5 a 8.15 días en campo, desde inicio hasta final, teniendo una media de 6.08 días, lo cual indica puede ser posible mantener la flor por lo menos unos 10-12 días hasta su comercialización (4 días en campo mas 8 en refrigeración), mediante el adecuado manejo poscosecha y la aplicación de las técnicas necesarias para conservación en cuartos refrigerados y con sustancias químicas u hormonas que incrementen la vida postcosecha de la flor.

El girasol es una especie que muestra grandes rangos de variación en muchas de sus características agronómicas, tal como lo han reportado Velkov (1980) para

número y rendimiento de semillas, y para otros componentes de rendimiento (Virupakshappa y Sindagi, 1988).

El número de hojas (NH) corresponde a determinadas arquitecturas vegetativas para cada tipo de girasol, especie y/o tipo de progenie. En el presente trabajo se tuvieron rangos que va desde 16.67 a 34.75 hojas, similar a los obtenidos por Sujatha *et al.* (2002). Encheva *et al.* (2003) reportaron, en cruzas de girasol cultivado (*Helianthus annuus*) x girasol silvestre (*H. tuberosus*), 32 hojas para girasol cultivado, 39 para el girasol silvestre, y de 19 a 32 para la progenie de estas cruzas, esto implica que no hay demasiada variación entre el tipo silvestre y el tipo cultivado. En el presente trabajo un grupo de progenitores esta constituido por materiales cultivados enanos. Estos tienen la característica de tener menor número de hojas, sin embargo, se aprecia que se sigue una distribución continua en F_2 , siendo este carácter altamente heredable del tipo de mayor número de hojas a la descendencia (Fick, 1978), concordando también en que pueden ser altamente influenciados por el ambiente.

El carácter de diámetro de capitulo (DTC) resultó ser mayor (12.49-22.83 cm.) a lo reportado para líneas puras [3.40 a 17.63 cm.] (Sujatha *et al.*, 2002), para sintéticos [14.4 a 17.1 cm.] (Abdurrahim *et al.*, 2002), y para híbridos y variedades testigo [14.57 a 16.80 cm.] (Rao *et al.*, 2004). Sin embargo, Encheva *et al.* (2003) reportan datos de 23 cm. para el diámetro de capitulo en girasol cultivado, 1.6 cm. para *H. tuberosus* y de 11 a 12.7 cm. para la progenie. Esta variable puede ser explicada en términos de influencia ambiental, ya que como reportan Kloczowski (1975) y Pathak (1975), la heredabilidad es demasiado baja (<50%) y el tamaño del capitulo no es cien por ciento atribuible a los efectos genéticos.

En la literatura no se hace mención sobre la medición de color y su variegación en los capítulos, aunque algunos autores han estudiado algunas cruzas y la forma en que se hereda el color (Cockerell, 1912; Skaloud y Kovacik, 1974; Fick, 1976; Leclerq, 1978), indicando que primordialmente este es un carácter controlado mono y digénicamente, aunque no existe información sobre el control cuantitativo de este carácter en distintas tonalidades y formas. De este trabajo se deriva que pueden ser

mas de dos genes los que puedan estar controlando el color, ya que la gama de tonalidades y distribución es inmensa, sin embargo sigue un patrón de distribución continua y normal en las generaciones F_1 y F_2 ; así pues, esta situación genera la inquietud de realizar estudios genéticos mas profundos para poder determinar cuantos y cuales genes son los que intervienen en la herencia y manifestación de este carácter.

4.2. Correlación Simple entre Variables

En lo referente a las correlaciones simples para las dieciséis variables estudiadas en los progenitores y cruza F_1 y F_2 de girasol ornamental, se observa en el Cuadro 4.2 que la variable Días a Emergencia (EM) solo tuvo correlación alta y negativa con Número de Hojas (NH) y Tipo de Pétalo (TP), siendo no significativa para todas las demás; esto indica que a mayor tiempo de la plántula para emerger, menor será el número de hojas y el tipo de pétalo tenderá a ser de tipo ovalado.

La correlación de la variable Días a Aparición de Botón (AB) fue positiva y altamente significativa para Tallo Verde (TV), Numero de Hojas (NH), Presencia de Resina (PR), Longitud de Pétalo (LP) y Color del Centro del Capitulo (CCC), y alta y negativamente para Tallos sin Ramas (TSR) y Tipo de Pétalo (TP); esto indica que AB es una variable que determina el tipo de material establecido, ya que encontramos que a medida que AB aumenta se tienen todas las características de los genotipos silvestres de girasol. Tal vez esta podría ser una variable de selección indirecta para obtener algunos genotipos ornamentales que posean algunos caracteres segregantes de girasol silvestre en generaciones avanzadas. La correlación significativa y negativa ocurrió para Diámetro Interno de Capitulo (DIC) y Diámetro Total de Capitulo (DTC), esto es, a medida que la cruza sea mas tardía, los diámetros de capitulo también serán mayores. Esta situación, sin embargo no es muy deseable, ya que lo que se busca es obtener precocidad y tamaños medianos de capitulo. La AB puede ayudar a seleccionar genotipos adecuados para propósitos de flor de corte.

En el caso de Días a Inicio de Floración (IF) solo existió correlación negativa para TSR, y altamente significativa y positiva para Días a Final de Floración (FF), para

todas las demás variables la correlación no fue significativa, sin embargo en DTC se encontró una correlación negativa, contraria a la reportada por Chikkadevaiah *et al.* (2002); lo anterior indica que los genotipos sin ramas son los mas precoces y el FF esta demasiado influenciado por el tiempo en que se presente la apertura del botón floral, lógicamente esta alta correlación hace difícil poder encontrar cruzas o materiales que tengan un inicio de floración muy precoz, pero que a la vez tarden mas tiempo en finalizar.

En el caso de FF, correlacionó negativamente con TSR, y positivamente con Intervalo de Floración (IDF). Lo primero indica que genotipos tardíos son aquellos que tienen tallos ramificados. La correlación con IDP indica que este intervalo se amplía conforme el final de floración extiende su periodo. Esto es algo a tomar en cuenta ya que entre mayor sea el intervalo de floración mayor será la oportunidad de mercado de girasol como flor de corte y mayor la calidad y vida de florero.

La única característica con la que IDF correlaciona de manera negativa y altamente significativa es Hileras de Pétalos (HP), sin hacerlo con ninguna de las demás. Esta correlación indica que el intervalo de floración determina si los capítulos desarrollan hileras dobles o sencillas, indicando que a medida que el tipo de flor viene siendo doble el IDF se acorta, esto también hace difícil su selección, ya que los genotipos dobles son llamativos, pero a la vez hay que decidir sobre lo atractivo o la vida poscosecha de la flor.

TSR parece ser una de las variables con mas correlación positiva y negativa para todas las demás, de acuerdo a la frecuencia de valores con alta significancia estadística, ya que los únicos datos con los que no correlaciona son EM, IDF, HP, LP, DIC y DTC, sumando un total de 9 variables en las que presenta niveles de significancia de $0.05 \geq p \leq 0.01$ y $0.01 \geq p$. Todo lo anterior determina que los genotipos sin ramificación, entiéndase materiales cultivados, heredan a su descendencia varias características en generaciones tempranas. Las relaciones más fuertes se dan en cuanto a AB, TV, NH, PR y CCC, siendo las características de IF, FF, TP y Cr en la que menos influencia este tipo de genotipos, quedando supeditado a la dominancia de los materiales silvestres.

Tallos Verdes (TV) correlacionó alta y positivamente con Número de Hojas (NH), Presencia de Resina (PR) y Color del Centro del Capitulo (CCC), lo que indica que aquellos genotipos con tallos que no sean de color verde (morados) (característica de girasol silvestre) presentaran centro negro, resina en el capitulo y mayor número de hojas. La correlación negativa con Color del Pétalo (Cr) sugiere que el color del pétalo es una característica presente en los tallos de color morado. Esta característica de color se traduce en una gran variabilidad y acentuación hacia algunos tipos raros de color y frecuencia en los pétalos de la flor, que vendrán siendo de tonos vino y matizados a amarillos, principalmente, teniendo un gran potencial en el mercado de flor de corte.

NH mostró una correlación positiva y altamente significativa con PR y CCC. Esto es que los genotipos silvestres o con mayor parecido o herencia del silvestre presentarán resina en los capítulos, asimismo, el color del centro de capitulo o flósculo será de color negro, característica por demás llamativa en algunos genotipos en donde en los tonos oscuros de pétalo refuerza la intensidad de estos y en los claros presenta un contraste de gran interés en el colorido y vistosidad de la flor. En el caso de NH no se observó correlación significativa con DTC, al parecer entre materiales heterogéneos esto no se manifiesta como en las líneas puras, en donde se pueden observar altas correlaciones (Chikkadevaiah *et al.*, 2002). La correlación de NH con IF no es significativa tal como reportaron Chikkadevaiah *et al.* (2002).

La Presencia de Resina (PR) se encontrará en aquellos materiales que tengan alto número de hojas (silvestres) ya que muestra una correlación alta y positiva; se encuentra ausente o en menor cantidad en aquellas que tienen los pétalos matizados. Esto es de gran importancia para el objetivo ornamental de este trabajo, ya que esta resina al ser muy pegajosa resulta indeseable para su comercialización, ya que además desprende un olor muy penetrante que puede afectar la venta de flor; el CCC correlaciona altamente con esta variable, esto es que a todo capitulo resinoso le corresponderá en mayor o menor grado un CCC negro. Esto es de gran importancia, ya que es otro parámetro de selección de genotipos, pero que a la vez dificulta esta tarea, ya que los materiales con centro negro son por excelencia llamativos. La correlación negativa con TP indica que aquellas flores resinosas tendrán los pétalos de tipo ovalado

en su gran mayoría, aspecto llamativo en algunos genotipos, pero que indirectamente hace que la flor sea de menor tamaño.

Las Hileras de Pétalos (HP) correlacionan negativamente con el tipo y el diámetro de estos (TP, DIC, DTC y LP, respectivamente), siendo las relaciones con DTC y LP las más marcadas al ser significativas a un nivel más alto; al parecer aquellas flores dobles serán de pétalo ovalado, pero a la vez tendrán un diámetro menor tanto interno como externo, y por consiguiente menor longitud de pétalo. Esto deja mucho para pensar ya que es una característica llamativa que puede ser detonante de mercado. Sin embargo, dentro de toda la amplia variabilidad de materiales deben existir algunos con las mejores características y que presenten hileras dobles o mayores de pétalos y que además sean de buena longitud, lo cual facilitará su comercialización e incrementaría el valor agregado de este producto.

El DIC tiene una correlación altamente significativa con el DTC y con LP, esto es lógico ya que a medida que aumente alguno de ellos, los otros lo hacen también, llevando un equilibrio, sin embargo, en la medida de lo posible es de gran interés seleccionar una correlación negativa, esto es, que entre más grande el DTC, menor el diámetro del disco interno y así una mayor longitud de pétalos, ya que para propósitos ornamentales entre más pétalos grandes se tenga es mejor, contrario a lo que se busca en la producción de grano (Robles, 1985).

DTC correlaciona alta y directamente con LP, ya que es el factor que más influye en que los pétalos tengan una magnitud determinada. A medida que aumente el diámetro total, los pétalos serán más grandes. No es posible generalizar, pero genotipos de estas características pueden ser no tan llamativos, lo ideal sería tener diámetros totales medianos pero que la mayor cantidad de esto sea constituido por pétalos, o que en dado caso, las flores tubulosas del capítulo pudieran convertirse en flores liguladas (girasol tipo crisantemo), lo cual atraería más interés en esta especie, pero que implicaría un gran trabajo de mejoramiento. La ventaja de este tipo de materiales es que se emplea un carácter dominante que puede facilitar la selección de

genotipos ideales, además de obtener mayor cantidad de individuos con ésta característica.

LP no mostró relación con muchas variables, siendo las únicas HP (negativamente), AB, DIC y DTC (positivamente), lo cual indica que, al ser del una variable del mismo tipo y derivada de las dos últimas mencionadas puede ser un factor de selección por caracterización de genotipos y, además de reducción de dimensionalidad (número de variables evaluadas).

El CCC muestra correlación altamente significativa y positiva para PR, indicando que el centro negro del capitulo es el que determina la presencia de resina, contrario a Cr con quien presenta alta correlación negativa, explicando así, que las flores matizadas o de color mas oscuro tendrán en su mayoría discos florales de color negro u oscuro; con el carácter TV se observa correlación negativa, indicando que los centros negros se presentan con mayor frecuencia en los genotipos silvestres (de tallo morado), teniendo poca importancia en el caso de los materiales de tipos cultivado.

Cuadro 4.2. Coeficientes de correlación fenotípica, entre nueve variables cuantitativas y siete cualitativas para cien genotipos de girasol ornamental (*Helianthus annuus* L.). Torreón, Coah. 2007.

	AB	IF	FF	IDF	TSR	TV	NH	PR	TP	HP	DIC	DTC	LP	CCC	Cr
EM	0.07	0.02	0.04	0.05	0.11	-0.07	-0.25**	-0.06	-0.31**	0.05	-0.14	-0.07	0.02	0.05	0.06
AB		0.06	0.09	0.12	-0.61**	0.52**	0.55**	0.47**	-0.30**	0.18	-0.20*	-0.24*	0.19*	0.51**	0.18
IF			0.96**	0.07	-0.22*	0.18	0.07	0.15	0.06	0.04	-0.05	-0.12	0.15	0.13	0.09
FF				0.36**	-0.22*	0.16	0.10	0.13	0.09	-0.03	-0.03	-0.12	0.16	0.11	0.06
IDF					-0.04	-0.03	0.12	-0.06	0.11	-0.25**	0.03	-0.03	0.08	0.03	0.08
TSR						-0.89**	-0.51**	-0.62**	0.20*	0.05	0.13	0.08	0.01	0.83**	0.21*
TV							0.52**	0.73**	-0.19	-0.13	-0.06	0.04	0.13	0.92**	-0.23*
NH								0.54**	0.04	-0.10	0.08	0.06	0.02	0.48**	-0.18
PR									-0.20*	-0.08	-0.01	0.08	0.15	0.75**	-0.12
TP										-0.24*	0.13	0.11	0.06	-0.16	-0.09
HP											-0.21*	-0.38**	-0.44**	-0.15	-0.09
DIC												0.84**	0.42**	-0.06	0.11
DTC													0.85**	0.01	0.15
LP														0.07	0.15
CCC															-0.29**

EM=Emergencia; AB=Aparición de Botón; IF=Inicio de Floración; FF=Final de Floración; IDF=Intervalo de Floración; TSR=Tallo Sin Ramificación; TV=Tallo Verde; NH=Numero de Hojas; PR=Presencia de Resina; TP=Tipo de Pétalo; HP=Hileras de Pétalos; DIC=Diámetro Interno de Capitulo, DTC=Diámetro Total de Capitulo; LP=Longitud del Pétalo; CCC=Color del Centro del Capitulo; Cr=Color del Pétalo.

*, **: Significancia al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

4.3. Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) generado a partir de la matriz de correlaciones (Cuadro 4.3) arrojó que seis componentes explican buena parte de la varianza, siendo el total de éstas del 80.31 %. Estos seis CP's explican mas del 1% de la varianza cada uno, por lo cual se consideran importantes (Valdez *et al.*, 2003). Debido a que el propósito de esta herramienta estadística es reducir la dimensionalidad de los datos (Pla, 1986; James y McCulloch, 1990; Parent, *et al.*, 1994), se tomaron los tres primeros, que son los que acumulan la mayor cantidad de varianza (Broschat, 1979), concentrando un total de 58.33% de la varianza total (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3. Valores característicos y de varianza para dieciséis componentes principales en girasol ornamental (*Helianthus annuus* L).

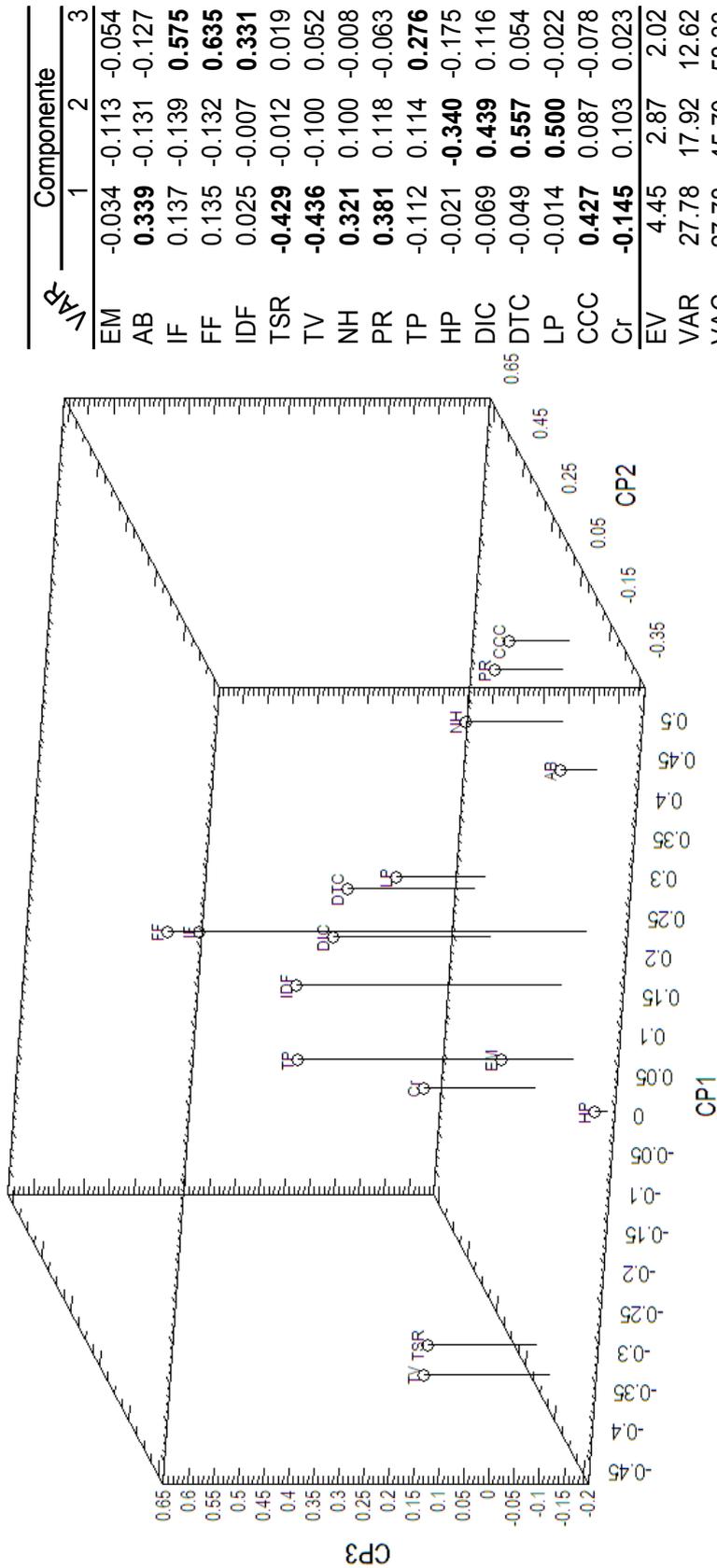
Componente	Eigenvalor	% Varianza	Varianza Acumulada
1	4.45	27.78	27.78
2	2.87	17.92	45.70
3	2.02	12.62	58.33
4	1.34	8.39	66.72
5	1.16	7.22	73.94
6	1.02	6.38	80.31
7	0.90	5.66	85.97
8	0.54	3.35	89.32
9	0.48	3.00	92.32
10	0.41	2.58	94.89
11	0.39	2.42	97.31
12	0.26	1.64	98.95
13	0.11	0.71	99.66
14	0.05	0.34	100.00
15	0.00	0.00	100.00
16	0.00	0.00	100.00

La correlación de atributos con los CP's importantes es útil para definir la nomenclatura de los grupos de especies, genotipos y/o cultivares, ya que esta estructura puede sugerir algún significado biológico (Iezzoni y Pritts, 1991), así y considerando las dieciséis variables originales en estudio, se observa que el Componente Principal 1 (CP1) resultó ser una función lineal constituida por las variables

AB, NH, PR, CCC, TSR, TV y Cr, describiendo el 27.78% de la varianza de los datos. Estas siete variables originales se concentran en una sola, a fin de reducir la cantidad de variables en estudio. Los valores propios que constituyen a este CP son tanto positivos como negativos, siendo AB, NH, PR y CCC positivos, mientras que TSR, TV y Cr son negativos. El CP1, como nueva variable, puede describirse con las características agromorfológicas de tallo (TSR y TV), hojas (NH), capítulo (CCC, Cr y PR) y aparición de botón (AB) (Figura 4.4).

El Componente Principal 2 (CP2) es una función lineal de las variables relacionadas con la calidad de Flor (DIC, DTC, LP y HP), la cual indica que es un componente con mucho peso y de interés especial, si lo que se desea es obtener la mejor calidad de capítulos para el propósito de este trabajo, así como las exigencias de mercado en cuanto a tamaños y relación de diámetros con tamaño de pétalos. Los valores propios que describen mejor esta función son en su mayoría positivos (DIC, DTC y LP), y solo uno negativo (HP). Los de mayor magnitud son DTC y LP, lo cual indica que estas variables son las que tienen mayor peso en el CP2, así es posible suprimir la variable DIC en la toma de datos con la finalidad de optimizar y ahorrar tiempo y recursos (Figura 4.4).

La función lineal del componente principal 3 (CP3) puede ser identificada con la presencia de dos grupos importantes de variables que se pueden etiquetar como características fitométricas (IF, FF, IDF) las cuales definen claramente que para la selección son menos importantes que los componentes anteriores, pero que tienen cierto peso al momento de seleccionar genotipos con base en características como precocidad, así como una reducción del ciclo de cultivo, lo cual implicaría una disminución de los costos de producción con el consiguiente ahorro de recursos, y el eficiente uso del espacio destinado. También se identifica el grupo que define otra característica de flor como es el tipo de pétalo (TP). Los valores característicos que mejor describen esta función son positivos (IF, FF, IDF, y TP), siendo todos estos positivos y con las mayores magnitudes en FF e IF (Figura 4.4).



VAR	Componente		
	1	2	3
EM	-0.034	-0.113	-0.054
AB	0.339	-0.131	-0.127
IF	0.137	-0.139	0.575
FF	0.135	-0.132	0.635
IDF	0.025	-0.007	0.331
TSR	-0.429	-0.012	0.019
TV	-0.436	-0.100	0.052
NH	0.321	0.100	-0.008
PR	0.381	0.118	-0.063
TP	-0.112	0.114	0.276
HP	-0.021	-0.340	-0.175
DIC	-0.069	0.439	0.116
DTC	-0.049	0.557	0.054
LP	-0.014	0.500	-0.022
CCC	0.427	0.087	-0.078
Cr	-0.145	0.103	0.023
EV	4.45	2.87	2.02
VAR	27.78	17.92	12.62
VAC	27.78	45.70	58.33

Figura 4.4. Vectores y valores propios de los tres primeros componentes principales en girasol ornamental (*Helianthus*

annuus L.). Torreón, Coah. 2007.

EM=Emergencia; AB=Aparición de Botón; IF=Inicio de Floración; FF=Final de Floración; IDF=Intervalo de Floración; TSR=Tallo Sin Ramificación; TV=Tallo Verde; NH=Numero de Hojas; PR=Presencia de Resina; TP=Tipo de Pétalo; HP=Hileras de Pétalos; DIC=Diámetro Interno de Capitulo, DTC=Diámetro Total de Capitulo; LP=Longitud del Pétalo; CCC=Color del Capitulo; Cr=Color del Pétalo; EV=EigenValores; VAR=Varianza; VAC=Varianza Acumulada

En las Figuras 4.5 y 4.6 se observa la distribución y ordenamiento espacial de los cien genotipos en los tres primeros componentes principales, considerando las dieciséis variables originales y comparando los CP1 con CP2, y CP1 con el CP3.

En la Figura 4.5 se distinguen claramente grupos de individuos en cada eje, para características muy particulares; así por ejemplo, en el CP1, positivamente, se concentran dos grupos constituidos por progenitores silvestres, siendo en ellos muy marcadas las cualidades de CCC, AB, PR y NH. Estas características distinguen a estos genotipos de todos los demás, por su máxima magnitud, así como por la alta correlación existente entre ellas. Estos genotipos, en su mayoría se agrupan en una sola clase, sin embargo se observa también que solo uno se separa de manera muy particular (III), resultado similar al encontrado por Valdez *et al.* (2003) en el caso del nopal 'Tapón Aguanoso', genotipo que evidenció una gran variabilidad fenotípica de fruto. En el extremo negativo se ubican aquellos genotipos, en su mayoría, cultivados, así como algunas cruzas que comparten características similares. Dentro de este grupo se ubica principalmente progenie del progenitor 60, tanto en F₁ como en F₂. Este grupo acentúa claramente las características de TSR y TV, las cuales son de alta magnitud y están muy correlacionadas entre sí. Otro grupo de variables muy correlacionadas, se ubica en el CP2 y está constituido por las variables DIC, DTC y LP. Estas características se muestran más acentuadas en los genotipos 2, 7xV F₁, 2xVIII F₂, 39XII F₂, 7xII F₁ y 7xVIII F₂, los cuales muestran ser los que tienen el capítulo floral de mayor tamaño, y características intermedias entre los grupos anteriores, ya que se ubican cerca del cero en el CP1. En el extremo contrario, otra variable de magnitud importante es HP, la cual tiene el mayor efecto sobre los genotipos III, 54xII F₂ y 51xII F₁. Estos genotipos, sin embargo, aunque muestran ser atractivos por la cantidad de hileras de pétalos que pudieran mostrar (≥ 2), parecen ser los más pequeños; considerando que un factor de calidad en la industria florícola es precisamente el tamaño, es difícil considerar estos materiales como prometedores para su explotación comercial. A pesar de esto, es necesario continuar las observaciones fenotípicas y considerar un estudio de mercado para posicionar este tipo de flores, ya que puede emplearse como relleno de arreglos florales.

En el CP3, se observa que la mayoría de los genotipos se ubican concentrados en el centro de la gráfica, sin embargo, algunos muestran excepciones, sin llegar a formar grupos definidos. Así, el progenitor silvestre II manifiesta el mayor valor negativo en este eje, cercanamente a lo encontrado para el progenitor cultivado 7, a pesar de pertenecer a grupos distintos del CP1, ya que el primero se caracteriza por manifestar mayormente las características de AB, CCC, PR y NH, siendo de tallo morado y ramificado, en tanto el segundo es todo lo contrario, asimismo se encuentra el genotipo 7xII F₁ teniendo características similares a las del grupo de los progenitores silvestres. Acorde a su ubicación en el eje del CP3, muestran ser los materiales más precoces en cuanto a IF y FF, y tienen pétalos de tipo ovalado. En el extremo contrario (positivo) se ubican, principalmente, progenie F₂ como son 39xVII F₂, 2xIII F₂ y 7xIII F₂, las cuales presentan marcadamente las características IF, FF e IDF, las cuales están fuertemente correlacionadas entre ellas, mientras que el 2xV F₂ tiene altos valores de éstas, y se encuentra más relacionado con TP, que se correlaciona en menor grado con las variables anteriores, siendo ésta de tipo alargado.

Para efectos de selección en este trabajo y en estos componentes, los genotipos más sobresalientes fueron 7xIV F₂, 2xV F₂, 51xVIII F₂, 54xVIII F₂, 60xIV F₂, 60xVIII F₂, 60xIII F₂, 60xV F₂, 60xVI F₂ y 60xII F₂, ya que resultan ser materiales de un solo tallo (TSR), así como materiales precoces (-IF) y (-FF). De estos materiales, los mejores estarían representados por 7xIV F₂, 2xV F₂, 54xVIII F₂ y 51xVIII F₂. Y tomando en cuenta la importancia de las variables de tamaño de pétalo (LP, DTC, DIC), ocupando las cruzas 7xV F₁, 2xVIII F₂, 39xII F₂ y 7xVIII F₁ el mejor lugar en cuanto a esta característica. En el caso de hileras de pétalos (HP), la mejor craza parecería ser 51xII F₁, sin embargo, esta característica está condicionada a estar del lado opuesto a las demás de tamaño de flor (Figura 4.5), así que este material no sería del todo considerado como un genotipo candidato a comercialización.

Con los resultados obtenidos a través del análisis de componentes principales es importante profundizar aun más en estudios anatómicos, morfológicos y fisiológicos de la planta y la influencia de estos en rendimientos y calidad de flor. Algunos de estos aspectos son: Etapas fenológicas (IF y FF), arquitectura de la Planta (TSR y NH),

Calidad de Flor (LP, TP, CCC, Cr); y las correlaciones de estos para encontrar respuestas en las características cualitativas y cuantitativas de la planta, así como en su fisiología, que pudieran ser como parámetros para diferenciar o detectar individuos con alto potencial de rendimiento y buena calidad o bien para algunos caracteres que pudieran ser aprovechados en posteriores programas de mejoramiento.

También pueden considerarse algunos métodos de biología molecular para caracterizar genéticamente a los materiales para conocer su variabilidad y la herencia de dichos caracteres. Estos métodos son descritos por UPOV (2000), Nandini y Chikkadevaiah (2005), Căpățână (2006), Muller *et al.* (2006) y Darvishzadeh (2007).

Es importante considerar que este método analiza un conjunto de datos con diferentes unidades de medida, los agrupa para explicar la correlación que existe entre ellos y elimina aquellas variables que presentan poca varianza en esta población.

4.4. Análisis de Conglomerados

Después de tomar los datos fenotípicos y someterlos al ACP, las variables con mayor valor descriptivo se utilizaron para calcular las distancias euclidianas y construir un dendrograma por el método de Ward.

El Análisis de Conglomerados o Clúster agrupó aquellos materiales que tienen ó comparten características similares. El Dendrograma resultante (Figura 4.7), obtenido por el Método de Ward y tomando la distancia euclidiana como medida de cercanía entre objetos separó ocho grupos.

El ordenamiento muestra claramente que la mayoría de los genotipos silvestres se ubican en dos grupos muy bien definidos ya que cinco de siete progenitores silvestres se encuentran en este grupo que se etiqueta como 2 (G2). Un hecho destacable es que solo un genotipo, el progenitor silvestre II formó por si mismo un grupo (G1), lo cual indica que tiene características muy particulares que lo distinguen de los demás, resultado similar al encontrado para un genotipo de nopal silvestre por Valdez *et al.* (2003). Otro material que se aleja un poco en este grupo es el III, ubicándose en el grupo 3 (G3), siendo los progenitores VII y VIII aquellos que mas parentesco parecen tener entre ellos.

Los genotipos cultivados ocuparon similarmente dos grupos (G4 y G5), observándose una distribución mas amplia para estos materiales. A su vez, al subdividirlos en subconjuntos se identifica que 2 y 7 comparten un subgrupo que se relaciona con el subgrupo en donde se ubican 39 y 48. Dentro de G5, a su vez también se subdividen para ubicarse 51 y 60 en un subgrupo, y 54 y 55, quienes comparten el mismo anidamiento, en otro subgrupo. La baja magnitud de la distancia euclidiana entre estos dos últimos corrobora la afirmación del análisis general de que estos dos genotipos tienen el mismo origen genético y solo se les separó por alguna característica que no fuera tomada en cuenta en este trabajo, al igual que ocurre con VII y VIII.

G3 es el que agrupo la mayor cantidad de genotipos al contar con un 23% del total, seguido de G7, G4, G6 y G5, con 19%, 18%, 15% y 14%, respectivamente; los grupos más pequeños fueron constituidos por uno, cinco y cinco genotipos (1%, 5% y 5%), en G1, G2 y G8, respectivamente.

En G3 es de destacar que dos pares de genotipos tienen la mínima distancia genética, siendo coascendentes, cosa que solo en este grupo sucede, siendo ellos las generaciones F_1 y F_2 de las cruzas 39xV, y 54xVI. En G5, los progenitores 54 y 55 se agruparon perfectamente, asimismo como 7xVII F_1 y F_2 . Estas manifestaciones de herencia en ambas generaciones (F_1 y F_2) indican que las características de estos genotipos se mantienen, por lo menos en éstas generaciones tempranas, por lo cual es de importancia considerar un estudio más amplio en generaciones posteriores para conocer la forma en que se conserva o desaparecen estas características para estar así en posibilidades de generar germoplasma estable de interés comercial en el menor tiempo posible y con la seguridad de mantener la identidad genética de los genotipos generados.

Es de destacar que los progenitores que más aparecieron en un grupo fueron 51 en G7 con siete cruzas, 39 en el G3 con ocho cruzas y 60 en G5 con ocho cruzas y el progenitor; de los progenitores silvestres los que más frecuencia mostraron en un grupo son VI en G3 con cinco cruzas y el progenitor, II en G6 con cinco cruzas, VIII y III en G4 y G7 con cuatro cruzas cada uno, respectivamente. En el caso de los genotipos F_1 y F_2 del progenitor 54 se manifiesta una distribución ordenada en casi todos los grupos, ya que aparece en la mayoría a excepción de G1, G2 y G8.

El grupo con menor número de materiales parentales participantes fue G5, en donde solo se agruparon 54 y 60, en combinación con todos los materiales silvestres, en similar proporción, a excepción de las combinaciones con VIII.; otro grupo que concentró cruzas en donde aparecen todos los progenitores silvestres es G7, el cual también mantuvo una proporción constante de cada combinación.

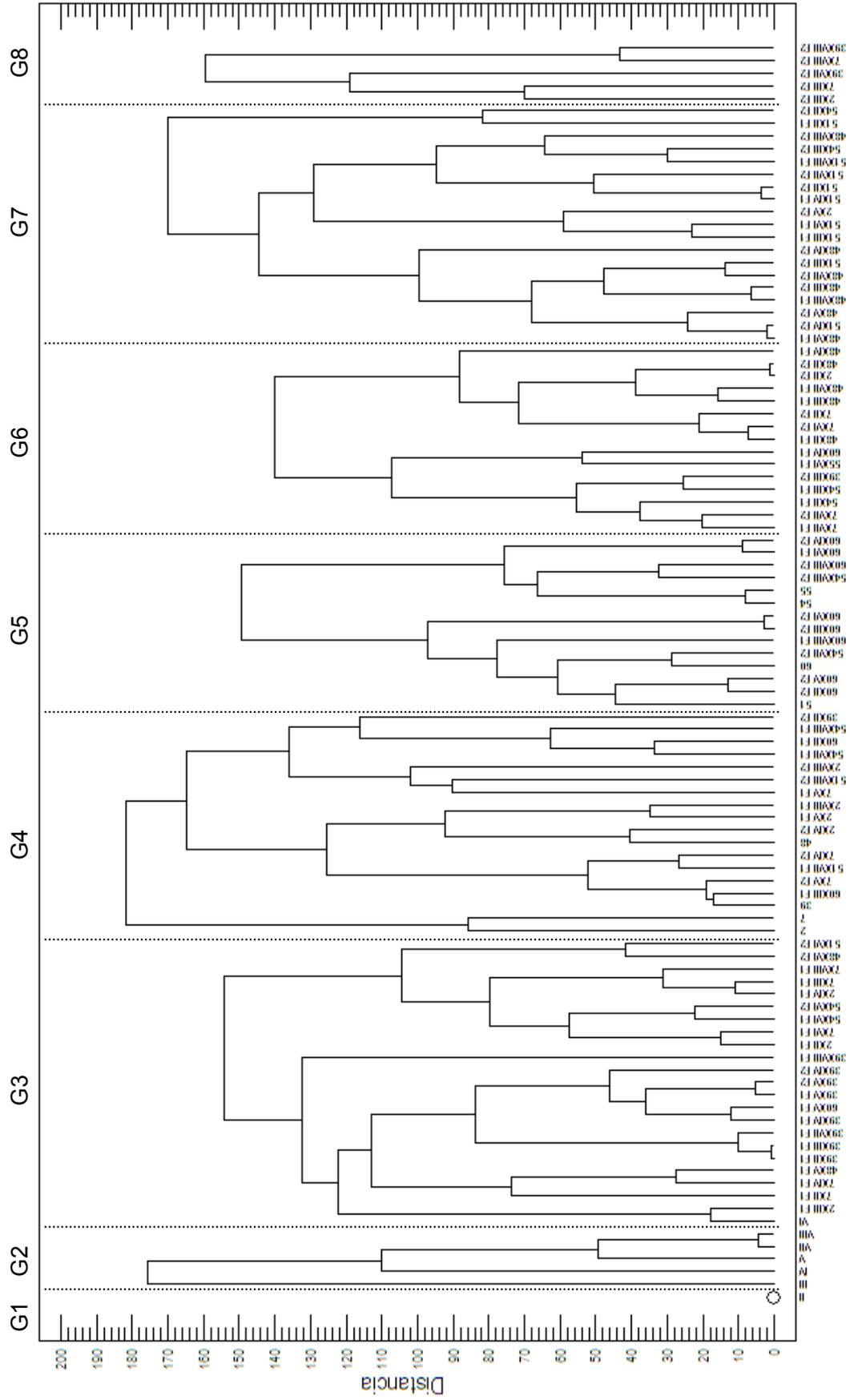


Figura 4.7. Dendrograma de clasificación jerárquica de progenitores y cruces F₁ y F₂ de girasol ornamental (*Helianthus annuus* L.) en análisis de conglomerados. Torreón, Coah., 2007.

4.5. Discusión General

Debido a que en la literatura disponible no se logro encontrar ningún estudio similar en girasol, ni para el Método Multivariado de Componentes Principales, ni para otros análisis para la característica de ornamental, no fue posible confrontar la mayoría de nuestros resultados

Es importante sin embargo, tomar en cuenta otras recomendaciones para trabajos realizados en otras especies, por ejemplo, Smith y Smith (1989) describen que para la mayoría de caracteres morfológicos, las descripciones taxonómicas deberían basarse en experimentos repetidos en al menos dos años y dos localidades por año.

Resulta evidente que debido al empleo de solo un ambiente y tamaño de muestra usados aquí, aunado a que las reglas para una caracterización final especifican que la duración mínima del examen será de dos ciclos de crecimiento independientes, los resultados de este trabajo deberían tomarse como una primera aproximación y deberían continuarse investigando con el fin de tener más conclusiones y recomendaciones de mayor precisión.

Las caracterizaciones se deben basar mas fielmente en las recomendaciones para las descripciones varietales dadas por UPOV (2000), con el ajuste o adición a estas normas, a fin de adaptarse a las características que deseen evaluar, sin dejar por un lado todas aquellas recomendaciones y escalas que se sugieren en las guías publicadas para este fin, así como el empleo de un método mas adecuada calificación colorimétrica de la flor, empleando métodos cuantitativos y con mayor precisión, por ejemplo extracción de antocianinas y medición en sensores ópticos, para mayor precisión en grado de brillantez y conversión a ángulo HUE (McGuire, 1992; Voss, 1992; Alávez, 1997). Cabe señalar que para el caso de girasol, la definición numérica de color de pétalos no fue encontrada en la literatura (considerando toda la gama de combinaciones y proporciones en color), y el presente trabajo puede ser útil para estandarizar criterios que definan los colores de flor de cada una de las selecciones, y este es otro criterio para evaluar la calidad de las flores de girasol.

V. CONCLUSIONES

- ✓ Se caracterizaron progenitores y cruzas y se encontraron genotipos interesantes para su explotación como ornamental
- ✓ Los mejores genotipos para propósitos ornamentales son 7xIV F₂, 2xV F₂, 54xVIII F₂ y 51xVIII F₂, 7xV F₁ y 2xVIII F₁.
- ✓ El Análisis Multivariado es una herramienta estadística que ayuda a relacionar las variables y darles una importancia según sus aportes a la varianza general
- ✓ La técnica de componentes principales determina las características importantes y las reduce por agrupación, según su aporte a la varianza total.
- ✓ Algunas características importantes sirven para seleccionar otras indirectamente y reducir tiempo y recursos humanos, materiales y económicos.
- ✓ Las características de mayor influencia y valor descriptivo son TSR, TV, DTC, LP, IF y FF, y se definen como tipo de tallo (TT), tamaño de flor (TF) y días útiles de cosecha (DUC).
- ✓ El Análisis de Conglomerados agrupó los genotipos por similitud de características y sirvió para generar familias e identificar que generaciones y genotipos tienen fiel semejanza a sus progenitores.
- ✓ El AC separó grupos de individuos, donde se aprecia que en las cruzas predomina la herencia materna (citoplásmica).
- ✓ La estabilidad en herencia es útil para reducir el tiempo de liberación de genotipos.
- ✓ Con estos resultados es posible extrapolar algunos resultados para realizar modelos de predicción en cruzas de girasol cultivado x silvestre.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda que en próximas investigaciones apearse mas a las normas de la UPOV para realizar la descripción varietal, morfológica y técnica de los genotipos de girasol a ser empleados en programas de mejoramiento, con la finalidad de tener un control mas estricto sobre el flujo de germoplasma. Esto ayudara sin duda alguna a poder estar en posibilidades de obtener, caracterizar y registrar una variedad sin problemas ante los organismos encargados de esto, en este caso particular en México, el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).
- ✓ Se recomienda también el empleo de mas repeticiones para que la toma de datos no resulte ser afectada por factores que puedan conducir a error;
- ✓ Asimismo se recomienda realizar las evaluaciones en más de un ambiente y con un mínimo de dos o tres ciclos homólogos de cultivo, a fin de detectar posibles contaminaciones de germoplasma y/o mezclas accidentales en la manipulación del germoplasma.
- ✓ Se recomienda el empleo de las Técnicas de Análisis Multivariado, ya sean del tipo Componentes Principales, Factorial, Correlación Canónica, y/o Discriminante, entre otras, en combinación con las técnicas tradicionales, a fin de tener más de una herramienta eficaz y confiable en el análisis de datos, tanto cualitativos como cuantitativos.

VII. LITERATURA REVISADA

- Abdurrahim T, G., A. Turkec and Z. M. Turan. 2002. Determination of some agronomic characteristics and hybrid vigor of new improved synthetic varieties in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia* 25(37):119-130.
- Alávez L., M. J. 1997. Caracterización de doce selecciones de chirimoya (*Annona cherimola* Mill.) en la Región de Coatepec Harinas, Méx. Tesis de Licenciatura. Chapingo, Edo. de México.
- Alfaro, Y. y V. Segovia. 2000. Maíces del Sur de Venezuela Clasificados por Taxonomía Numérica. Caracteres de la Planta y de la Mazorca. *Agronomía Tropical* 50(3):435-460
- Allard, R. W. 1967. Principles of Plant Breeding. John Wiley and Sons, Inc. NY, USA.
- Álvarez V, J. E., I. Alía T., V. López M., C. M. Acosta D., M. Andrade R., M. T. Colinas L., I. Delgado E y O. Villegas T. 2006. Caracterización de frutos de Caimito (*Chrysophyllum cainito* L.) en el Estado de Morelos. *Rev. Chapingo. Serie Horticultura*. 12(2):217-221
- Arias, D. M., Rieseberg, L. H. 1994. Gene flow between cultivated and wild sunflowers. *Theoretical and Applied Genetics* 89:665-660.
- Arkley, R. J. 1976. Statistical methods in soil classification research. *Adv. Agron.* 28:37-70.
- Armitaje, A. M. 1993. Specialty Cut Flowers. Varsity Press, Inc / Timber Press, Inc. Oregon, USA.
- ASERCA. 2006. La Floricultura mexicana, el gigante que está despertando. *Claridades Agropecuarias*. 154:3-42

- Bailón, A. L. 2002. Obtención de girasoles (*Helianthus annuus* L.) compactos para maceta, mediante el uso de retardantes químicos (Paclobutrazol). Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL. Torreón, Coah.
- Bayuelo J., J. S., e I. Ochoa. 2006. Caracterización morfológica de sapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacquin) H. E. Moore & Stearn) del Centro Occidente de Michoacán, México. Rev. Fitotecnia Méx. 29(1):9-17.
- Beard, B. H. 1981. The Sunflower Crop. Scientific American 244(5):150-161.
- Becker, W. A. 1986. Manual de Genética Cuantitativa. Academic Enterprises. Pullman. WA. U.S.A. p. 174.
- Borys, M. W. y H. Leszczyńska. 1992. Reflexiones sobre el potencial ornamental de plantas de México. Serie: Manuales de Horticultura Ornamental No. 7. OPAEP. Escuela de Fitotecnia. Puebla, Méx.
- Brands, S. J. (comp.) 2007. Systema Naturae 2000. The Taxonomicon. Universal Taxonomic Services. Amsterdam, The Netherlands. [En línea <http://sn2000.taxonomy.nl/Taxonomicon/>]. (Revisado, 22/Septiembre/2007).
- Brauer, O. 1976. Fitogenética Aplicada. LIMUSA. México, D. F.
- Briggs, F. N., and P. F. Knowles. 1967. Introduction to Plant Breeding. Reinhold Publishing Corporation. Davis, California, USA.
- Broschat, T. K. 1979. Principal Component Analysis in Horticultural Research. Hort Science 14(2):114-117
- Bull, J. K., Basford, K. E., Cooper, M. and Delacy, I. H. 1994. Enhanced interpretation of pattern analysis of environments: The use of blocks. Field Crop Res. 37:25-32

- Bull, J. K., Basford, K. E., Delacy, I. H. and Cooper, M. 1993. Determining appropriate group number and composition for data sets containing repeated check cultivars. *Field Crop Res.* 31:369-383
- Bull, J. K., Cooper, M., Delacy, I. H., Basford, K. E. and Woodruff, D. R. 1992. Utility of repeated checks for hierarchical classification of data from plant breeding trials. *Field Crop Res.* 30: 79-95
- Cantamutto, Miguel A., M. M. Poverene, 2002. Los Recursos Genéticos del Girasol Silvestre. *Revista IDIA XXI (3):152-157.* [En línea. <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/oleaginosa/girasol09.pdf>] (Revisado, 11/Septiembre/2007).
- Canul K, J., P. Ramírez V., F. Castillo G., y J. L. Chávez S. 2005. Diversidad Morfológica de calabaza en el Centro-Oriente de Yucatán, México. *Rev. Fitotecnia Méx.* 28(4):339-349.
- Căpățână, Ana. 2006. Aspecte Genetico-Moleculare Ale Heterozisului La Floarea-Soarelui (*Helianthus annuus L.*). Teză de doctor în biologie. Universitatea De Stat Din Moldova. Chișinău, Moldova. 121 pp.
- Cardi, T. 1998. Multivariate analysis of variation among *Solanum commersonii* (+) *S. tuberosum* somatic hybrids with different ploidy levels. *Euphytica* 99(1):35-41
- Cardon, P. V. 1922. Sunflower studies. *J. Am. Soc. Agron.* A:69-72.
- Casler, M. D. and E. V. Santen. 2000. Patterns of variation in a Collection of Meadow Fescue Accessions. *Crop Science.* 40:248-255
- Chikkadevaiah, Sujatha H. L. and Nandini. 2002. Correlation and Path Analysis in Sunflower. *Helia* 25(37):109-118.

- CIMMYT. 1987. CIMMYT-Hechos y tendencias mundiales relacionadas con el maíz 1986: Aspectos económicos en la producción de semilla de variedades comerciales de maíz en los países en desarrollo. México p. 210-223
- Cirnu, L., V. Dumitrache, et E. Hociota. 1974. La pollinisation du tournesol (*Helianthus annuus* L.) a l'aide des abeilles-un facteur important pour l'augmentation de la production. P. 695-700. *In*: Proc. 6th Int. Sunflower Conf. Bucharest, Romania.
- Cockerell, T. D. A. 1912. The red sunflower. *Pop. Sci. Monthly.* p. 373-382.
- Cockerell, T. D. A. 1915. Specific and varietal characters in annual sunflowers. *Am. Nat.* 49:609-622.
- Colinas L, M. T. 2003. Importancia de los estudios postcosecha de plantas ornamentales nativas de México. *In*: Mejía M, J. M. y A. Espinoza F. (Eds). Plantas Nativas de México con Potencial Ornamental. Análisis y otras Perspectivas. UACH. Chapingo, México.
- Concilco, A. Ma. del R. 2004. Selección y Evaluación de líneas S1 de girasol (*Helianthus annuus* L.) con características ornamentales. Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL. Torreón, Coah.
- Corona, N. V., H. A. Chimal, P. S. Campanella y G. A. Hernández. 1993. Catalogo de Plantas Nativas de la Republica Mexicana con Uso Ornamental. Primer Simposio Nacional sobre Plantas Nativas de México con Potencial Ornamental. Memorias. Puebla, Pue.
- Darvishzadeh, R. 2007. Déterminisme Génétique de la Résistance du Tournesol au Phoma. Thèse du Doctorat. L'Institut National Polytechnique de Toulouse.
- De la Loma J. L. 1975. Genética General y Aplicada. UTEHA. México.

- De la Vega, A. J. and S. C. Chapman. 2006. Defining sunflower selection strategies for a highly heterogeneous target population of environments. *Crop Science*. 46:136-144
- Dedio, W. and E. D. Putt. 1980. Sunflower. *In*: Ferh, W. R. and H. H. Hadley (eds). *Hybridization of crop plants*. ASA, CSSA. Madison, Wisconsin, USA.
- Delaporte, K., J. Conran, and M. Sedgley. 2001. Morphological analysis to identify the pollen of an ornamental interespecific hybrid *Eucalyptus*. *Scientia Horticulturae* 89(1):57-74
- Delgado Z, C. 2002. Clasificación de genotipos (progenitores y cruzas) de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) para características fisiotécnicas por métodos multivariados. Tesis de Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Delorit, R. J. y Ahigren, H. L. 1970. *Producción Agrícola*. Editorial Continental. México, D. F. pp. 740-741.
- Devecchi, M. 2005. Post-harvest physiology of cut flowers of sunflowers 'Sunrich orange' (*helianthus annuus*): first experimental results. *Acta Hort.* (ISHS) 669:381-388. http://www.actahort.org/books/669/669_50.htm (Revisado, 26/Octubre/2007).
- Doneen, L. D. y McGillivray, J. H. 1943. Germination (emergence) of vegetable seed as affected by different soil moisture conditions. *Plant Physiol.* 18:524-529
- Dubbelde, E. A., Harris, H. C. y McWilliams, J. R. 1982. Water requirement of sunflower in a semiarid environment. 10th International Sunflower Conference. Surfers Paradise, Australia
- Encarta. Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta ® 2005 © 1993-2004. *Girasol*. Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

- Encheva, J., M. Christov and P. Ivanov. 2003. Characterization of interespecific hybrids between cultivated sunflower *H. annuus* L. (cv. Albena) and wild species *Helianthus tuberosus*. *Helia* 26(39):43-50.
- Eslava G, G. 1999. On Detecting Clusters Using Projection Pursuit Methods. *Agrociencia* 33(3):333-340
- Espinoza, B. A., E. Gutiérrez del R., A. Palomo G., J. J. Lozano y J. Flores R. 2001. Producción de Materia Seca en girasol en surcos normales y estrechos por efecto de nitrógeno. 158 p. *In*: 2ª Reunión Regional de Resultados de Investigación. UAAAN. Saltillo, Coah.
- Espinoza, C. y D Gómez S. 1994. Colecta de girasol (*Helianthus spp.*) silvestre y criollo en estados del Noreste de México. *In*: Ramírez, P., F. Zavala G., N. E. Treviño H., E. Cárdenas C. y M. Martínez R. (Comps). Memorias del 11º Congreso Latinoamericano de Genética (Área Vegetal) y XV Congreso de Fitogenética. SOMEFI. Monterrey, Nvo. León. p. 135
- Falconer, D. S. 1970. Introduction to Quantitative Genetics. Oliver and Boyd, Ltd. Edinburg, England.
- Fambrini, M., D. Bertini and C. Pugliesi. 2003. The genetic basis of a mutation that alters the floral symmetry in sunflower. *Annals of Applied Biology*. 143(3):341-347
- Faure, N., H. Serieys, E. Cazaux, F. Kaan and A. Bervillé. 2002. Partial hybridization in wide crosses between cultivated sunflower and the perennial *Helianthus* species *H. mollis* and *H. orgyalis*. *Annals of Botany* 89:31-39.
- Fernández-Martínez, J., and P. F. Knowles. 1982. Genética de la polifloria en el girasol Silvestre *Helianthus annuus* L. *Anal. Instit. Nacional Invest. Agrarias Ser. Agrícola* 17:25-30

- Fick, G. N. 1976. Genetics of floral color and morphology in sunflowers. *J. Hered.* 67:227-230.
- Fick, G. N. 1978. Breeding and Genetics. *In: Carter, J. F. (Ed). Sunflower Science and Technology.* ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA.
- Gallegos V, C., R. D. Valdez C., M. Barrón M., A. F. Barrientos P., J. Andrés A., y R Nieto A. 2006. Caracterización morfológica de 40 cultivares de nopal de uso como hortaliza del banco de germoplasma del CRUCEN-UACH. *Rev. Chapingo. Serie Horticultura.* 12(1):41-49.
- Goodman, M. M. and E. Paterniani. 1969. The races of maize: III. Choices of appropriate characters for racial classification. *Econ. Bot.* 23:265-273.
- GundaeV, A. I. 1971. Basic principles of sunflower selection. p. 417-465. *In: Genetic Principles of Plant Selection.* Nauka, Moscow.
- Hamilton, R. I. 1926. Improving Sunflower by inbreeding. *Sci. Agric.* 6:190-192.
- Heiser Jr., C. B. 1978. Taxonomy of *Helianthus* and Origin of Domesticated Sunflower. *In: Carter, J. F. (Ed). Sunflower Science and Technology.* ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA.
- Heiser, C. B. Jr. 1947. Hybridization between the sunflower species *Helianthus annuus* and *H. petiolaris*. *Evolution* 1:249-262.
- Hernández C., J. M. 1982. Evaluación de 23 colecciones de calabacita loca (*Cucúrbita foetidissima* HBK). Tesis Profesional. UAAAN. Saltillo, Coah., Méx. pp. 69
- Hernández D, S., J. Martínez de L., J. S. Padilla R. y N. Mayek P. 2003. Diversidad Genética de *Psidium* sp en la Región de Calvillo-Cañones, México. *In: Padilla R. J. S., L. Reyes M., E. González G. y M. A. Perales de la C. (Eds). Memoria*

Primer Simposio Internacional de la Guayaba-Guava-Goiabeira. Aguascalientes, México. Diciembre del 2003. p. 71-83

Hernández de T. G. 2001. Hierbas Mexicanas. Editores Mexicanos Unidos. 9ª Edición. México.

Heyden, D. 2002. Jardines botánicos prehispánicos. *Arqueol. Mexicana* 10(57):18-25

Hockett, E. A., and P. F. Knowles. 1970. Inheritance of branching in sunflowers, *Helianthus annuus* L. *Crop Science*. 10:432-436

IBPGR. 1985. Descriptors for cultivated and wild sunflower. Rome, Italy.

Iezzoni, A. F., and Pritts, M. V. 1991. Applications of principal component analysis to horticultural research. *Hort. Science* 26(4):334-337.

Infojardín, 2007. [En línea <http://fichas.infojardin.com/perennes-anuales/helianthus-annuus-girasol-mirasol-girasol-enano.htm>] (Revisado, 11/Agosto/2007).

Isshiki, S., H. Okubo, and K. Fujieda. 1994. Phylogeny of eggplant and related *Solanum* species constructed by allozyme variation. *Scientia Horticulturae*. 59(3-4):171-176

James, F. C. and McCulloch, Ch. E. 1990. Multivariate Analysis in Ecology and Systematics: Panacea or Pandora's Box? *Annual Rev. Ecol. Syst.* 21:129-166

Jenkins, M. T. 1935. The effect of inbreeding and selection within inbred lines of maize upon the hybrids made successive generations of selfing. *Iowa State Coll. J. Sci.* 9:429-450.

Jenkins, M. T., Robert, A. L. and Findley, W. R. 1954. Recurrent selection as a method of concentrating genes for resistance to *Helminthosporium* leaf blight in corn. *Agr. J.* 46:89-94.

- Jones, R. B. 1993. The pulsing with triton X-100 improves hydration and vase life of cut sunflowers (*Helianthus annuus* L.). Hort. Science 28(12):1178-1179.
- Kawase, M. 1974. Role of ethylene in induction of flooding damage in sunflower. Physiol Plant. 31:29-38
- Kloczowski, Z. 1971. Comparison of the F₁ and F₂ of linear hybrids in sunflowers. Genet. Pol. 12:359-362.
- Kloczowski, Z. 1975. Studies on some features of oil sunflower and their significance in breeding that plant in Poland. Hodowla Rosl. Aklim. Nasienn. 19(2):89-131.
- Knowles, P. F. 1978. Morphology and Anatomy. In: Carter, J. F. (Ed). Sunflower Science and Technology. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA.
- Kovačik, A., and Škaloud, V., 1990. Results of inheritance evaluation of agronomically important traits in sunflower. Helia 13(13):41-46
- Laguna C, A., F. Castillo G., M. Livera M. y M. C. López P. 1998. Diversidad en caracteres morfológicos de interés ornamental en 86 familias de medios hermanos de dalia. Rev. Fitotecnia Méx. 21(2):115-126.
- Latournerie M, L., J. L. Chávez S., M. Pérez P., G. Castañón N., S. A. Rodríguez H., L. M. Arias R. y P. Ramírez V. 2002. Valoración *in situ* de la Diversidad Morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. Rev. Fitotecnia Méx. 25(1):25-33.
- Leclercq, P. 1968. Héredité de quelques caractères qualitatifs chez le tournesol. Ann Amélior. Plant. 18:307-315.
- Leszczyńska B, H. 1993. Plantas Ornamentales de Totula, Sierra Norte de Puebla. Primer Simposio Nacional sobre Plantas Nativas de México con Potencial

- Ornamental. Memorias Asociación Mexicana de Horticultura Ornamental. A. C. OPAEP. Puebla, Pue.
- Leszczyńska B, H., M. P. Conchouso, y J. J. S. Morales. 1994. Comercio de Flores en Puebla, Pue. Rev. Chapingo. Serie Horticultura 1(2):87-93
- Leszczyńska B, H. y M. W. Borys. 2001. Plantas bulbosas para flor de corte, macetas, jardines y parques. Talleres de Max-Color. Comunicación Grafica. Puebla, Méx.
- Linder, C. R., Taha, I., Seiler, G. J., Snow, A. A., Rieseberg, L. H. 1998. Long-term introgression of crop genes into wild sunflower populations. Theoretical and Applied Genetics 96:339-347
- Lozoya, S. H., Villegas, T. O. y García, V. A. 1991. Validación del efecto exhibidor del Paclobutrazol (pp333, BONZI), en nochebuena en dos localidades. IV. Congreso Nacional. Sociedad Mexicana Hortícola A. C. pp. 300-301.
- Luczkiewicz, T. 1975. Inheritance of some characters and properties in sunflower (*Helianthus annuus* L.) Genet. Pol. 16:167-184.
- Luna M, C. del C. 2006. Clasificación y ordenación morfológica del fruto de variantes cultivadas de pitaya (*Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb.) en la Mixteca Baja, México. Rev. Chapingo. Serie Horticultura. 12(2):245-251
- Luna M, C. del C. y J. R. Aguirre R. 2001. Variación morfológica del fruto y domesticación de *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb. y *S. stellatus* (Pfeiff.) Riccob. (Cactaceae) en la Mixteca Baja, México. Rev. Fitotecnia Méx. 24(2):213-221.
- Mallikarjuna, K. A., F. T. Zee, and R. M. Manshardt. 1995. Isozyme variation in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). Scientia Horticulturae. 63(3-4):215-223.

- Manly, B. F. J. 1986. *Multivariate Statistical Methods*. Chapman and Hall. Great Britain. pp. 61, 62, 105.
- Marín D., J. M. 2007a. *Introducción al Análisis Multivariante y al Cálculo Matricial*. Universidad Carlos III de Madrid-Departamento de Estadística. [En línea <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/AMult/tema1am.pdf>] (Revisado, 25/Agosto/2007).
- Marín D., J. M. 2007b. *Estadística Descriptiva Multivariante*. Universidad Carlos III de Madrid-Departamento de Estadística. [En línea <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/AMult/tema2am.pdf>](Revisado, 25/Agosto/2007).
- Marín D., J. M. 2007c. *Análisis de Componentes Principales*. Universidad Carlos III de Madrid-Departamento de Estadística. [En línea <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/AMult/tema3am.pdf>](Revisado, 25/Agosto/2007).
- Marín D., J. M. 2007d. *Análisis de Cluster y Multidimensional Scaling*. Universidad Carlos III de Madrid-Departamento de Estadística. [En línea <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/AMult/tema5am.pdf>] (Revisado, 25/Agosto/2007).
- Márquez S., F. 1985. *Genotecnia Vegetal: Métodos, Teoría, Resultados*. Tomo I. AGT Editor, S. A., México D. F. 357 p.
- Martínez de L, J., M. C. Barrientos L., A. C. Reyes de A., S. Hernández D., J. S. Padilla R., y N. Mayek P. 2004. Diversidad fenotípica y genética en huertas de guayabo de Calvillo, Aguascalientes. *Rev. Fitotecnia Méx.* 27(3):243-249.
- Martínez G., A. 1983. *Diseños y análisis de experimentos de cruzas dialélicas*. 2ª Edición. CEC-Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de Méx. Pp.88

- Martínez M, E., T. Corona T., E. Avitía G., A. M. Castillo G., T. Terrazas D y M. T. Colinas L. 2006. Caracterización morfométrica de frutos y semillas de nanche (*Byrsonima crassifolia* (L) H. B. K.). Rev. Chapingo. Serie Horticultura. 12(1):11-17
- Martínez, F. P. 1999. Selección Fitotécnica de genotipos sobresalientes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Tesis profesional. UAAAN. Saltillo, Coah.
- Mauricio S, R. A., J. de D. Figueroa C., S. Taba, M. de la L. Reyes V., F. Rincón S. y A. Mendoza G. 2004. Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. Rev. Fitotecnia Méx. 27(3):213-222.
- McGuire, R. G. 1992. Report of an objective color measurement. Hort. Science. 27(12):1254-1255.
- Melgares de A. C., J. 2001. El Cultivo de Girasol (*Helianthus annuus* L.) para flor cortada. Rev. Flormarket. Verdimedia SL. 2(2):55-61.
- Mensuali-Sodi, A. and Ferrante, A. 2005. Physiological changes during postharvest life of cut sunflowers. Acta Hort. (ISHS) 669:219-224. http://www.actahort.org/books/669/669_28.htm (Revisado, 26/Octubre/2007).
- Mienie, C. M. S., Smith, M. A. and Pretorius, P. J. 1995. Use of Random Amplified Polymorphic DNA for identification of South Africa soybean cultivars. Field Crops Res. 43:43-49.
- Millar M, N. 1998. A look at 1997 prediction data for the United States. Floriculture International. November. pp. 14-16.

- Miller, J., and G. Fick 1997. The genetics of sunflower. *In*: Schneiter, A. A. (Ed.) Sunflower Technology and Production. Agron. Monogr. No 35. CSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Miranda L, S. J. C. Rosas S., L. L. Aranda R., R. Ortiz P., M. Ponce B., y H. Ríos L. 2006. Análisis molecular de la diversidad genética de Frijol común manejada por campesinos en Cuba. *Agronomía Mesoamericana* 17(3):369-382.
- Mondragón J., C. 2003. Caracterización molecular mediante RADP's de una colección de nopal de (*Opuntia* spp. Cactaceae) del Centro de México, como base del Mejoramiento Genético. *Rev. Chapingo. Serie Horticultura* 9(1):97-114).
- Mora, M. A. 2000. Caracterización de genotipos de girasol (*Helianthus annuus* L.) por su potencial en forraje. Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL. Torreón, Coah.
- Morales Y., M. L. 2002. Caracterización genotípica de plantas de maíz (*Zea mays* L.) utilizando secuencias microsatélites distribuidas uniformemente sobre el genoma. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Tesis de Licenciatura en Ciencias Biológicas. Universidad de Belgrano. Buenos Aires, Argentina.
- Morales, M. L., G. A. González J. A. Casas, and A. M. Troncoso. 1998. Multivariate analysis of commercial and laboratory produced Sherry wine vinegars: influence of acetification and aging. *European Food Research and Technology*. 212(6):676-682.
- Moreno R., M. A. 2000. Evaluación de diferentes criterios de fertirriego en girasol ornamental (*Helianthus annuus* L.) para flor de corte. Tesis de Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Muller, M-H, G. Arlie, A. Bervillé, J. David, F. Delieux, J. M. Fernández M., P. Jouffret, V. Lecomte, X. Reboud, Y. Rouselle, H. Serieys, N. Teissere, à A. Tsitrone. 2006. Le compartiment spontané du tournesol *Helianthus annuus* en Europe:

- prospections et premières caractérisations génétiques. Les Actes du BRG. 6:335-353.
- Muriel, J. L. y Downes, R. W. 1974. Effects of periods of moisture stress during various phases of growth of sunflowers in the green house. 6th Sunflower Conference. Bucharest, Romania
- Nandini, R. and Chikkadevaiah. 2005. DNA Fingerprinting of Sunflower Genotypes (*Helianthus annuus* L.). *Helia* 28(42):9-18.
- Nell, T. A. y L. Hoyer. 1995. Terminology and conditions for evaluating of flowering potted plant longevity. *Acta Horticulturae* 405:28-32
- Nicolae, H., Sin, G., Gumanivc, N. y Filipescu, N. 1980. Date of planting and plant population important factors in increasing sunflower seed and oil yields. IX Conferencia Internacional del Girasol. Tomo II. Torremolinos. Málaga.
- Nunes, M. E. S. and G. R. Smith. 2003. Characterization of rose clover germplasm for flowering traits. *Crop Science*. 43(4):1523-1527.
- Ortegón M., A. S. 1980. Pruebas de girasol en suelos con problemas de sales. IX Conferencia Internacional de Girasol. Tomo II. Torremolinos, Málaga.
- Ortegón M., A. S. y A. Escobedo. 1987. Fechas de siembra de girasol. Informe de labores. INIFAP - CIFAP. Tamaulipas.
- Ortegón M., A. S., A. Escobedo M., J. Loera G., A. Díaz F. y E. Rosales R. 1993. El Girasol. Trillas. México, D. F.
- Oszkinis, K. y A. Lisiecka. 1990. Gerbera. EDAMEX. México.

- Padilla R, J. S., E. González G., F. Esquivel V., E. Mercado S., S. Hernández D. y N. Mayek P. 2002. Caracterización de germoplasma sobresaliente de guayabo de la Región Calvillo—Cañones, México. *Rev. Fitotecnia Méx.* 25(4):393-399.
- Padilla R. J. S., E. González G., L. Reyes M., M. A. Perales de la C., E. M. Mercado S y N. Mayek P. 2003. Caracterización de germoplasma de guayabo de la Región Calvillo-Cañones. *In: Padilla R. J. S., L. Reyes M., E. González G. y M. A. Perales de la C. (Eds). Memoria Primer Simposio Internacional de la Guayaba-Guava-Goiabeira. Aguascalientes, México. Diciembre de 2003. pp. 54-70*
- Parent, L. E., Isfan, D., Tremblay, N. and Karam, A. 1994. Multivariate nutrient diagnosis of the carrot crop. *J. Amer. Soc. Hort. Science.* 119(3):420-426.
- Pathak, R. S. 1974. Yield components in sunflower. p. 271-281. *In: Proc. 6th Int. Sunflower Conf. Bucharest, Romania.*
- Pengelly, B. C. y Eagles, D. A. 1995. Geographical distribution and diversity in a collection of the tropical legume *Macroptilium gracile* (Poeppiga ex Benth) urban. *Aust. J. Agric. Res.* 46:569-580.
- Pla, L. E. 1986. Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales. OEA. Washington, D. C., USA. Serie Matemática. Monografía No. 27. 94 p.
- Poehlman, J. M. 1983. Mejoramiento Genético de las Cosechas. LIMUSA. México, D. F. pp. 268-269.
- Primot, S., G Coppens-D'eeckenbrugge, V. Rioux, J. A. Ocampo P., F. Garcin. 2005. Variación morfológica de tres especies de curubas (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*, *P. tarminiana* y *P. mixta*) y sus híbridos en el Valle del Cauca (Colombia). *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal - SP*, 27(3):467-471.

- Putt, E. D. 1940. Observations on morphological characters and flowering processes in the sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Sci. Agric.* 21:167-169.
- Putt, E. D. 1963. Sunflowers. *Field Crop. Abst* 16 (1):1-6
- Putt, E. D. 1964. Recessive branching in sunflower. *Crop Sci.* 4:444-445.
- Putt, E. D. 1966. Heterosis, combining ability, and predicted synthetics from a diallel cross in sunflower (*Helianthus annuus* L.) *Can. J. Plant Sci.* 46:59-67.
- Putt, E. D. 1978. History and Present World Status. *In: Carter, J. F. (Ed). Sunflower Science and Technology.* ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA.
- Ramírez, M. W. S. 1971. Mejoramiento genético del girasol cultivado (*H. annuus* L.) mediante cruza y retrocruza con girasol silvestre. Tesis de Licenciatura. DCAM. ITESM. Monterrey, N. L.
- Rao, M., G. Lakshmikantha R., R. S. Kulkarni, S. S. Lalitha R., and S. Ramesh. 2004. Stability Analysis of Sunflower Hybrids through non-parametric model. *Helia* 27(41):59-66.
- Rencher, A. C. 1992. Interpretation on canonical discriminant functions, canonical variates and principal components. *The American Statistician* 43(3):217-225
- Reta S, D. G., J. S. Carrillo A., A. Gaytán M., E. Castro M., y J. A. Cueto W. 2002. Guía para Cultivar Maíz Forrajero en Surcos Estrechos. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Folleto para Productores Núm. 5. Matamoros, Coah., México.
- Reyes V. M. H., A. P. García V., M. Gómez M., O. Martínez., F. Hernández G. y J. A. Villarreal Q. 2005. Análisis morfológico y molecular de un cruzamiento amplio en girasol. *In: Valdez R., J. (Ed). Resultados del Proyecto de Investigación 2004.* UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. [En línea <http://www.uaaan.mx/>

DirInv/Resul_PI-04/MEMORIA_2004/Biotecnologia/MHReyesValdes.doc]
(Revisado, 14/Agosto/2007).

Reyes, A. 1986. Mi Primer Enciclopedia (Fuego-Impuestos). 4ª Edición de 12 tomos. Editorial Cumbre. Tomo 6. Puebla, Pue.

Rieseberg, L. H., Kim, M. J., Seiler, G. J. 1999. Introgression between the cultivated sunflower and a sympatric relative, *Helianthus petiolaris* (Asteraceae). International Journal of Plant Science 160:102-108

Robinson, R. G. 1973. The Sunflower Crop in Minnesota. Minnesota Agric. Ext. Bull. 299:1-28.

Robles, S. R. 1985. Producción de oleaginosas y textiles. 2ª Edición. LIMUSA. México.

Roche, J. 2005. Composition de la graine de tournesol (*Helianthus annuus* L.) sous l'effet conjugué des contraintes agro-environnementales et des potentiels variétaux. Thèse du Docteur. L'Institut Nationale Polytechnique de Toulouse

Rodríguez, R. H., Echeverría, M. M., Salaberry, M. T. 2005. Girasol Ornamental. In: Comunicaciones del Tercer Congreso Argentino de Girasol. Asociación Argentina de Girasol. 31 de Mayo-1 de Junio de 2005. Buenos Aires, Argentina. [En línea <http://www.asagir.org.Ar/comunicaciones2.asp>] (Revisado, 22/Agosto/2007).

Ross, A. M. 1939. Some morphological characters of *Helianthus annuus* L., and their relationship to the yield of seed and oil. Sci. Agric. 19:372-379.

Russell, W. A. 1953. A study of the inter-relationships of seed yield, oil content, and other agronomic characters with sunflower inbred lines and their top crosses. Can. J. Agric. Sci. 33:291-314.

- S. A. R. H. 1985. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola. Campo de Investigación Agrícola Norte-Centro. Matamoros, Coah., México.
- S. A. R. H. 1993. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria y Forestal 1993. SARH—PIFSV. Cd. Lerdo, Durango.
- Salamanca B, G., A. Zamora M., J. Aca R. y H. Leszczyńska B. 2001. Especies ornamentales en las iglesias de Cholula durante las fiestas. Horticultura Mexicana 8(3):389
- Sanabria, H. L., M. A. García, H. A. Díaz y J. E. Muñoz. 2005. Caracterización morfológica en árboles nativos de guayaba en el Valle del Cauca. Acta Agronómica 54(4) [En línea http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/viewFile/118/255] (Revisado, 11/Septiembre/2007).
- Sánchez D, S., A. Muñoz O., V. A. González H., y A. Martínez G. 2006. Caracterización y Clasificación de Germoplasma Mexicano de Cacahuete (*Arachis hypogea* L.). Agrociencia 40:171-182.
- Sánchez G, J. de J., T. A. Kato Y., M. Aguilar S., J. M. Hernández C., A. López R., y J. A. Ruiz C. 1998. Distribución y Caracterización del Teocintle. Libro Técnico Núm. 2. CIRPAC-INIFAP-SAGAR. Guadalajara, Jal., México. 149 pp.
- Sánchez, P. 1993. Manual para la Educación Agropecuaria de Cultivos Oleaginosos. SEP-Trillas. México, D. F.
- Saumell, H. 1980. Girasol, técnicas actualizadas para su mejoramiento y cultivo. Segunda Edición. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Schnell, R. J., C. T. Olano, R. J. Campbell, and J. S. Brown. 1999. AFLP analysis of genetic diversity within a jackfruit germplasm collection. Scientia Horticulturae. 91(3-4):261-274.

- Schoeman, L. J. 2003. Genotype x environment interaction in sunflower (*Helianthus annuus*) in South Africa. Thesis of M. Sc. Agric. Faculty of Natural and Agricultural Sciences. University of the Free State. Bloemfontein, South Africa.
- SeedSense. 2004. Catalog of sunflower's varieties. SeedSense Ltd. Norfolk, U. K. [Online <http://www.seedsense.co.uk>] (Revisado, 31/Agosto/2007).
- Shabana. R. 1974. Genetic variability of sunflower varieties and inbred lines. Proc. 6th Int. Sunflower Conf. Bucharest, Romania. pp. 263-269.
- Shaw, P. E., L. K. Goodner, M. G. Moshonas, and C. J. Hearn. 2001. Comparison of grapefruit hybrid fruit with parent fruit based on composition of volatile components. *Scientia Horticulturae*. 91(1-2):71-80.
- Sipos, G. y Paltineanu, R. 1974. Irrigation of Sunflower in Rumania. 6th International Sunflower Conference. Bucharest, Romania.
- Skaloud, V., and A. Kovacik. 1974. Inheritance of some heteromorphic characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) p. 291-295. *In*: 6th Int. Sunflower Conf. Bucharest, Romania.
- Smith, J. S. C. and O. S. Smith. 1989. The description and assessment of distance between inbred lines of maize: I. The use of morphological traits as descriptors. *Maydica* 34:141-150.
- Sneath, P. H. A. and Sokal, R. R. 1973. Numerical Taxonomy. W. H. Freeman & Co. San Francisco, USA.
- Snow, A. A., Rieseberg, L. H., Alexander, H. M., Cummings, C., Pilson, D. 1998. Assessment of gene flow and potential effects of genetically engineered sunflowers on wild relatives. 5th. International Biosafety Symposium, Branschewig, Germany.

- Solórzano V., A. 1993. El girasol. *In*: Velásquez C. M. y Loyola, J. de J. (Eds). Compendio de notas del curso Producción de Oleaginosas. Departamento de Fitotecnia - UACH. Chapingo, Méx.
- Sprague, G. F. 1946. Early testing of inbred lines of corn. *J. Am. Soc. Agron.* 38:108-117
- Statgraphics Plus 5.1 Enterprise Edition. 1994-2001. Statistical Graphics Corp.
- Stoenescu, F. 1974. Genetica. p. 93-120. *In*: A. V. Vranceanu. Floarea-soarelui. Editura Academiei Republicii Socialiste. Bucaresti, Romania.
- Sujatha, H. L., Chikkadevaiah and Nandini. 2002. Genetic Variability Study in Sunflower inbreeds. *Helia* 25(37):93-100.
- Taboada R, N. J., L. Gutiérrez V., J. Pérez V. y H. Leszczyńska B. 2001. Flores y follaje usados en bouquets de boda y decoración de las iglesias en Puebla. *Horticultura Mexicana* 8(3):331
- Talha, M. y Osman, F. 1975. Effect of soil water stress on water economy and oil composition in sunflower. *Journal Agronomy Science.* 84:49-56
- Terrádez G., M., sin fecha. Análisis de Componentes Principales. Universitat Oberta de Catalunya [En línea http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Componentes_principales.pdf] (Revisado, 25/Agosto/2007).
- Terzić, S., Zorić, M., and Miladinović, F. 2006. Phenotype variability and inheritance of plant height and branching in F₁ generation of sunflower. *Helia* 29(44):87-94.
- Tlahuextl T, C., J. M. Ávila S. y H. Leszczyńska B. 2005. Flores de Corte y Follaje en Florerías y Mercados de Puebla, México. *Rev. Chapingo. Serie Horticultura.* 11(2):323-327.
- Unrau, J. 1947. Heterosis in relation to sunflower breeding. *Sci. Agric.* 27:414-427

- UPOV. 2000. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Girasol (*Helianthus annuus* L.). Ginebra, Suiza.
- Valdez C, R. D. 1997. Análisis estocástico espacial de procesos edáficos y de plantas en *Zea mays* L. Universidad Autónoma de Nuevo León - Facultad de Agronomía. Tesis de Doctor en Ciencias. Marín, N. L., México. 91 p.
- Valdez C. R. D., F. Blanco M. y C. Gallegos V. 2003. Ordenación y Clasificación Numérica en Nopal Tunero mediante atributos de fruto. Rev. Chapingo. Serie Horticultura 9(1):81-95.
- Valenzuela R. S., A. Espinoza B., D. Escobedo L., J. de D. Quevedo, R. Martínez E., M. A. Gallegos R. y R. Aguilera R. 1992. Avances del mejoramiento genético del girasol (*Helianthus annuus* L.) en la Facultad de Agricultura y Zootecnia - UJED. *In: Memorias. 4ª Semana de Agronomía de la FAZ - UJED. Gómez Palacio, Dgo. pp. 84*
- Vázquez G, L. M. y T. H. Norman M. 1985. Crónicas de la evolución de la Floricultura en México. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Toluca, México.
- Velkov, V. N. 1980. Relation between yield and some characters in sunflower. *Genetica Seleksiya* 13b(5):329-338.
- Villarroel, D. 1989. Agroecología y Agronomía de La Producción del Girasol en el estado Monagas FONAIAP. Divulga N° 31. [En línea <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/fd31/texto/agroecologia.htm>] (Revisado, 11/Agosto/2007).
- Villaseñor, J. L. y M. Murguía R. 1992. La computadora en la identificación botánica. *Ciencia y Desarrollo* 18(104):130-137.

- Virupakshappa, K. and Sindagi, S.S. 1988. A note on germplasm collections in sunflower. *J. Oilseeds Res.* 5:119-120.
- Voss, D. H. 1992. Relating colorimeter measurement of Plant Color to the Royal Horticultural Society Color Chart. *Hort. Science.* 27(12):1256-1260.
- Vranceanu, A. B. 1977. *El Girasol*. Mundi-Prensa. Madrid.
- Vrevalov, T. 1975. Studies of the ecological adaptability of the genetically stable inbred lines and the existing varieties of sunflower from the aspect of yield, oil content, and disease resistance. Research Report, Grant No. FG-YU-225. Institute of Agric. Res., Novi Sad, Yugoslavia.
- Vrevalov, T. 1978. Effect of climatic factors –Air temperature and humidity- on biological characters of sunflowers. 8th International Sunflower Conference, Minneapolis, Minnesota. pp. 224-236.
- Vonk-Noordegraaf, C. 1993. Changes in Floricultural crops in Europe. *Acta Horticulturae.* 337:43-51.
- Wahid *et al.* 1999a. Germination of seeds and propagules under salt stress. *In*: Pessarakli, M. (Ed), *Handbook of Plant and Crop Stress*, 2. Marcel Dekker, New York, pp. 153-167.
- Wahid *et al.* 1999b. Phenotypic flexibility as marker of sodium chloride tolerant in sunflower genotypes. *Environmental and Experimental Botany* 42:85-94
- Wayne, J. C., and T. A. Coffelt. 1982. Genetics of *Arachis hypogaea* L. *In*: *Peanut Science and Technology*. Pattee H. E, and C. T. Young (eds). American Peanut Research and Education Soc., Inc. Yoakum, Texas. USA, pp.: 50-94.

Whitton, J.; Wolf, D. E., Arias, D. M., Snow, A. A., Rieseberg, L. H. 1997. The persistence of cultivar alleles in wild populations of sunflowers five generations after hybridization. *Theoretical and Applied Genetics* 95:33-40

Zamorano M, A., A. C. Morillo C., Y. Morillo C., H. Vásquez A. y J. E. Muñoz F. 2007. Caracterización morfológica de mora en los departamentos de Calle del Cauca, Cauca y Nariño, de Colombia. *Acta Agronómica. (Colombia)* 56(2):51-60.

VIII. APÉNDICE

Cuadro 8.1. Genotipos de girasol ornamental y su pedigrí. Torreón, Coah. 2007

Genotipos	Genealogía	Genotipos	Genealogía
II	G-1 -1-B	55XVI F1	SSE-MH 59-1-2 x G-4 HOLANDA -3
III	G-3 -1-B	60XII F1	SSE-MH 59-1-11 x G-1 -1
IV	G-3 2003 (a) -3-B	60XIII F1	SSE-MH 59-1-11 x G-3 -1
V	G-4 -4-B	60XIV F1	SSE-MH 59-1-11 x G-3 2003 (a) -3
VI	G-4 HOLANDA -3-B	60XV F1	SSE-MH 59-1-11 x G-4 -4
VII	G-5 -6-B	60XVI F1	SSE-MH 59-1-11 x G-4 HOLANDA -3
VIII	G-6 -7-B	60XVIII F1	SSE-MH 59-1-11 x G-6 -7
2	SSE-PL 01 -6-1-B	2XII F2	SSE-PL 01-6 x G-1 -1-1
7	SSE-PL 02 -4-1-B	2XIII F2	SSE-PL 01-6 x G-3 -1-1
39	SSE-MH 56-7 -3-1-B	2XIV F2	SSE-PL 01-6 x G-3 2003 (a) -3-1
48	SSE-MH 57-1 -2-1-B	2XV F2	SSE-PL 01-6 x G-4 -4-1
51	SSE-MH 57-1 -6-1-B	2XVIII F2	SSE-PL 01-6 x G-6 -7-1
54	SSE-MH 59-1 -1-1-B	7XII F2	SSE-PL 02-4 x G-1 -1-1
55	SSE-MH 59-1 -2-1-B	7XIII F2	SSE-PL 02-4 x G-3 -1-1
60	SSE-MH 59-1 -11-1-B	7XIV F2	SSE-PL 02-4 x G-3 2003 (a) -3-1
2XII F1	SSE-PL 01-6 x G-1 -1	7XV F2	SSE-PL 02-4 x G-4 -4-1
2XIII F1	SSE-PL 01-6 x G-3 -1	7XVI F2	SSE-PL 02-4 x G-4 HOLANDA -3-1
2XIV F1	SSE-PL 01-6 x G-3 2003 (a) -3	7XVII F2	SSE-PL 02-4 x G-5 -6-1
2XV F1	SSE-PL 01-6 x G-4 -4	7XVIII F2	SSE-PL 02-4 x G-6 -7-1
2XVIII F1	SSE-PL 01-6 x G-6 -7	39XII F2	SSE-MH 56-7-3 x G-1 -1-1
7XII F1	SSE-PL 02-4 x G-1 -1	39XIII F2	SSE-MH 56-7-3 x G-3 -1-1
7XIII F1	SSE-PL 02-4 x G-3 -1	39XIV F2	SSE-MH 56-7-3 x G-3 2003 (a) -3-1
7XIV F1	SSE-PL 02-4 x G-3 2003 (a) -3	39XV F2	SSE-MH 56-7-3 x G-4 -4-1
7XV F1	SSE-PL 02-4 x G-4 -4	39XVII F2	SSE-MH 56-7-3 x G-5 -6-1
7XVI F1	SSE-PL 02-4 x G-4 HOLANDA -3	39XVIII F2	SSE-MH 56-7-3 x G-6 -7-1
7XVII F1	SSE-PL 02-4 x G-5 -6	48XII F2	SSE-MH 57-1-2 x G-1 -1-1
7XVIII F1	SSE-PL 02-4 x G-6 -7	48XIII F2	SSE-MH 57-1-2 x G-3 -1-1
39XII F1	SSE-MH 56-7-3 x G-1 -1	48XIV F2	SSE-MH 57-1-2 x G-3 2003 (a) -3-1
39XIII F1	SSE-MH 56-7-3 x G-3 -1	48XV F2	SSE-MH 57-1-2 x G-4 -4-1
39XIV F1	SSE-MH 56-7-3 x G-3 2003 (a) -3	48XVI F2	SSE-MH 57-1-2 x G-4 HOLANDA -3-1
39XV F1	SSE-MH 56-7-3 x G-4 -4	48XVII F2	SSE-MH 57-1-2 x G-5 -6-1
39XVII F1	SSE-MH 56-7-3 x G-5 -6	48XVIII F2	SSE-MH 57-1-2 x G-6 -7-1
39XVIII F1	SSE-MH 56-7-3 x G-6 -7	51XII F2	SSE-MH 57-1-6 x G-1 -1-1
48XII F1	SSE-MH 57-1-2 x G-1 -1	51XIII F2	SSE-MH 57-1-6 x G-3 -1-1
48XIII F1	SSE-MH 57-1-2 x G-3 -1	51XIV F2	SSE-MH 57-1-6 x G-3 2003 (a) -3-1
48XIV F1	SSE-MH 57-1-2 x G-3 2003 (a) -3	51XVI F2	SSE-MH 57-1-6 x G-4 HOLANDA -3-1
48XV F1	SSE-MH 57-1-2 x G-4 -4	51XVII F2	SSE-MH 57-1-6 x G-5 -6-1
48XVI F1	SSE-MH 57-1-2 x G-4 HOLANDA -3	51XVIII F2	SSE-MH 57-1-6 x G-6 -7-1
48XVII F1	SSE-MH 57-1-2 x G-5 -6	54XII F2	SSE-MH 59-1-1 x G-1 -1-1
48XVIII F1	SSE-MH 57-1-2 x G-6 -7	54XIII F2	SSE-MH 59-1-1 x G-3 -1-1
51XII F1	SSE-MH 57-1-6 x G-1 -1	54XVI F2	SSE-MH 59-1-1 x G-4 HOLANDA -3-1
51XIII F1	SSE-MH 57-1-6 x G-3 -1	54XVII F2	SSE-MH 59-1-1 x G-5 -6-1
51XIV F1	SSE-MH 57-1-6 x G-3 2003 (a) -3	54XVIII F2	SSE-MH 59-1-1 x G-6 -7-1
51XVI F1	SSE-MH 57-1-6 x G-4 HOLANDA -3	60XII F2	SSE-MH 59-1-11 x G-1 -1-1
51XVII F1	SSE-MH 57-1-6 x G-5 -6	60XIII F2	SSE-MH 59-1-11 x G-3 -1-1
51XVIII F1	SSE-MH 57-1-6 x G-6 -7	60XIV F2	SSE-MH 59-1-11 x G-3 2003 (a) -3-1
54XII F1	SSE-MH 59-1-1 x G-1 -1	60XV F2	SSE-MH 59-1-11 x G-4 -4-1
54XIII F1	SSE-MH 59-1-1 x G-3 -1	60XVI F2	SSE-MH 59-1-11 x G-4 HOLANDA -3-1
54XVI F1	SSE-MH 59-1-1 x G-4 HOLANDA -3	60XVIII F2	SSE-MH 59-1-11 x G-6 -7-1
54XVII F1	SSE-MH 59-1-1 x G-5 -6		
54XVIII F1	SSE-MH 59-1-1 x G-6 -7		

Cuadro 8.2. Características cuantitativas y cualitativas para las correlaciones, análisis de componentes principales y conglomerados de cien genotipos de girasol ornamental. Torreón, Coah. 2007

CRUZAS	EM	AB	IF	FF	IDF	TSR	TM	NH	PR	TP	HP	DIC	DTC	LP	CCC	Cr	CP
II	11.0	52.5	53.4	58.5	5.1	0.00	0.94	24.25	1.00	0.5	1.00	8.08	17.75	9.67	0.83	4	F2, H3
III	6.1	56.5	60.6	67.5	6.9	0.02	1.00	29.66	0.96	1	1.00	6.49	12.49	6.00	1.00	1	A, J3
IV	7.5	52.0	53.4	59.5	6.1	0.05	1.00	28.50	1.00	1	0.00	8.41	17.32	8.91	1.00	6	B3, F2, J4
V	6.0	52.5	54.4	60.5	6.1	0.00	1.00	32.42	1.00	1	0.42	8.92	19.00	10.08	0.83	3	C1, C3, C6
VI	6.5	46.5	55.4	62.5	7.1	0.04	1.00	26.33	0.83	1	0.00	9.59	18.83	9.24	0.83	3	C1, C2
VII	5.5	52.0	53.4	59.5	6.1	0.00	1.00	34.75	1.00	1	0.00	8.17	17.50	9.33	1.00	3	C1, B1, C2
VIII	6.0	52.0	53.4	59.5	6.1	0.15	1.00	30.42	0.83	1	0.00	7.50	16.83	9.33	1.00	3	C1, B1
2	6.5	40.5	49.3	56.5	7.1	1.00	0.00	28.00	0.08	1	0.00	10.92	21.50	10.58	0.00	4	G1, D3
7	6.5	43.5	45.3	51.5	6.1	0.80	0.00	20.50	0.13	1	0.00	9.38	19.63	10.25	0.00	4	E5
39	5.5	39.0	55.5	62.0	6.5	0.83	0.13	18.92	0.17	1	0.00	8.83	19.08	10.25	0.08	4	D5
48	7.9	42.0	54.4	62.5	8.2	0.99	0.00	26.29	0.22	1	0.00	8.92	18.50	9.58	0.00	4	D5
51	6.5	41.5	58.0	64.5	6.5	1.00	0.00	19.58	0.25	1	0.00	8.17	16.33	8.17	0.00	4	D4, B1
54	6.0	38.5	54.5	60.5	6.0	1.00	0.00	18.83	0.00	1	0.00	9.83	20.67	10.83	0.00	4	F1
55	6.5	39.5	55.0	60.5	5.5	0.96	0.00	17.25	0.42	1	0.00	9.17	20.00	10.83	0.00	4	D2, D5
60	8.5	42.0	56.5	62.0	5.5	1.00	0.00	18.58	0.00	1	0.00	7.58	17.42	9.83	0.08	4	D5
2XII F1	5.5	46.5	56.0	62.5	6.5	0.29	0.71	25.25	0.58	1	0.17	9.50	20.75	11.25	0.75	3	C7, E6, C6, C7
2XIII F1	6.5	42.5	56.5	63.5	7.0	0.09	0.62	26.33	0.83	1	0.00	9.75	18.25	8.50	1.00	3	C6, C7, E2, C4, C6
2XIV F1	6.0	39.0	57.0	62.5	5.5	0.59	0.56	26.92	0.83	1	0.00	10.08	20.17	10.08	0.83	3	C6, C7, C6
2XV F1	8.0	41.5	53.0	60.0	7.0	0.83	0.21	26.08	0.33	1	0.00	8.42	18.58	10.17	0.33	3	C3, C6, E4, C6
2XVIII F1	7.0	42.5	52.4	59.5	7.1	0.85	0.53	27.08	0.55	1	0.00	9.80	20.63	10.83	0.27	3	C3, C6, E7, C6, E2
7XII F1	7.0	43.0	52.4	57.5	5.1	0.19	1.00	23.75	0.83	1	0.00	8.25	20.08	11.83	1.00	3	C3, C6, C7, F1
7XIII F1	6.0	42.5	56.0	62.0	6.0	0.43	0.62	27.08	0.58	1	0.00	9.75	20.17	10.42	0.67	4	C7, D5, E4
7XIV F1	6.5	43.0	54.0	59.0	5.0	0.71	0.65	28.08	0.75	1	0.00	8.75	18.83	10.08	0.67	3	C6, G3, B1, F2
7XV F1	8.0	43.0	55.5	60.0	4.5	0.96	0.04	25.58	0.58	1	0.08	10.75	22.83	12.08	0.00	4	C5, G2, E8
7XVI F1	5.0	46.0	56.0	62.0	6.0	0.28	0.68	25.42	0.67	1	0.00	9.08	19.17	10.08	0.92	3	C6, C7, H3, B2
7XVII F1	6.5	41.5	55.0	61.0	6.0	0.58	0.55	22.67	0.33	1	0.50	8.50	17.92	9.42	0.42	3	C3, C6
7XVIII F1	6.0	43.5	56.0	61.5	5.5	0.47	0.79	25.75	0.75	1	0.00	10.50	21.83	11.33	0.75	3	C6, C4, C6
39XII F1	6.5	42.5	57.5	63.5	6.0	0.24	0.96	22.58	0.92	1	0.00	8.58	19.67	11.08	0.92	3	C6, D4, B2-B3, C7, E1
39XIII F1	6.5	42.0	58.0	64.0	6.0	0.32	1.00	24.33	1.00	1	0.00	9.08	19.33	10.25	0.83	3	B2, C5, C3, C6, F1
39XIV F1	8.0	42.5	56.5	62.0	5.5	0.05	1.00	24.67	0.75	1	0.00	8.33	18.00	9.67	0.92	3	C5, C7, B2, C6
39XV F1	6.0	40.5	56.5	62.0	5.5	0.09	1.00	26.00	0.75	1	0.17	7.92	18.33	10.42	0.67	3	C1-C6-C7, C5, C6, B1-B2, C2, C2-C4, C6
39XVII F1	7.0	44.0	57.5	63.5	6.0	0.19	0.92	27.33	0.83	1	0.08	8.25	19.33	11.08	1.00	3	C2, C3

39XVIII F1	6.5	43.0	56.5	62.5	6.0	0.38	1.00	24.58	0.83	0.75	0.08	8.08	17.17	9.08	0.83	3	B1, C4, C1, D3
48XII F1	6.0	42.5	58.0	64.0	6.0	0.53	0.70	24.42	0.75	1	0.00	8.25	18.67	10.42	0.58	4	H1, D4
48XIII F1	6.5	42.5	56.0	62.0	6.0	0.56	0.65	24.75	0.75	1	0.17	7.83	17.00	9.17	0.67	3	B3, D5, B3, C4, F2
48XIV F1	5.5	41.5	58.5	64.5	6.0	0.50	0.79	29.83	0.67	1	0.00	7.83	16.25	8.42	0.58	3	B1, C5, C6, E2, B3
48XV F1	6.5	42.0	55.5	61.0	5.5	0.46	0.77	25.33	0.50	1	0.28	8.50	18.50	10.00	0.83	3	C6, B1, B3, C1, C6
48XVI F1	6.5	40.5	57.0	62.5	5.5	0.75	0.38	25.42	0.50	1	0.00	8.92	18.00	9.08	0.33	3	C5, C6, B3
48XVII F1	6.5	41.0	55.5	61.5	6.0	0.80	0.28	21.67	0.67	1	0.00	7.92	17.83	9.92	0.58	3	B1, B1-B3, D1, C2
48XVIII F1	6.0	41.5	57.0	62.5	5.5	1.00	0.00	24.08	0.42	1	0.00	9.25	19.17	9.92	0.00	4	E2
51XII F1	6.5	40.5	56.0	60.5	4.5	0.61	0.18	17.75	0.42	1	0.83	6.67	14.42	7.75	0.42	2	B2, B3, B3
51XIII F1	6.5	40.0	55.5	62.0	6.5	1.00	0.00	23.50	0.75	1	0.50	9.92	19.25	9.33	0.00	4	D1
51XIV F1	6.5	41.5	56.5	62.5	6.0	0.75	0.21	21.58	0.25	1	0.42	8.75	17.17	8.42	0.25	4	E3, F3, C6
51XVI F1	6.5	42.0	55.0	62.0	7.0	0.87	0.17	19.67	0.50	1	0.50	10.08	19.42	9.33	0.42	4	C2, C4, C4, D4
51XVII F1	6.0	40.5	57.0	63.0	6.0	0.59	0.45	24.58	0.08	1	0.08	9.08	19.58	10.50	0.33	4	C6, C7, D1, E2, C5-C6, E3
51XVIII F1	7.0	42.0	57.0	62.0	5.0	0.65	0.35	22.17	0.42	1	0.67	9.25	18.83	9.58	0.50	3	B2, C6, C1, F2
54XII F1	7.5	40.0	55.5	61.5	6.0	0.58	0.51	18.33	0.17	1	0.17	8.67	18.58	9.92	0.58	4	C6, E1, H2, C7, F1
54XIII F1	7.5	42.0	56.5	62.5	6.0	0.41	0.64	24.92	0.25	1	0.25	8.50	17.92	9.42	0.50	4	H2, H3, E1
54XVI F1	5.5	43.5	59.0	65.0	6.0	0.28	1.00	26.92	0.67	1	0.17	10.25	20.83	10.58	0.75	3	C6, H3, C6
54XVII F1	9.0	42.0	59.0	65.0	6.0	0.71	0.39	21.00	0.42	1	0.00	9.42	20.92	11.50	0.33	3	C4-C5, C4-C7, C6, C1, C2, C5
54XVIII F1	7.5	39.5	56.0	63.0	7.0	0.41	0.54	24.00	0.42	1	0.00	10.33	20.17	9.83	0.67	3	C5, C3, C6
55XVI F1	7.5	40.5	56.0	61.5	5.5	0.94	0.11	16.75	0.75	1	0.00	7.42	16.75	9.33	0.25	3	E7, B3, E2
60XII F1	8.5	43.0	58.5	65.0	6.5	0.82	0.40	22.67	0.75	1	0.17	9.75	19.58	9.83	0.42	3	C6, C6
60XIII F1	6.0	40.0	55.5	62.5	7.0	0.52	0.52	21.92	0.33	1	0.00	8.92	19.00	10.08	0.25	4	H1, F1
60XIV F1	9.0	40.5	53.5	60.0	6.5	0.63	0.38	19.50	0.63	1	0.00	7.63	18.00	10.38	0.50	3	C6
60XV F1	7.0	40.5	56.0	62.0	6.0	0.21	0.96	22.58	0.92	1	0.00	9.25	18.67	9.42	1.00	3	B1-B2, C3, D5, C1
60XVI F1	6.5	39.0	53.5	59.5	6.0	1.00	0.06	17.67	0.00	1	0.00	8.08	18.00	9.92	0.00	4	C3-C4, E2, D4
60XVIII F1	7.5	41.0	57.0	63.5	6.5	0.86	0.13	17.42	0.08	1	0.00	9.00	18.58	9.58	0.08	2	B3
2XII F2	6.5	41.5	56.5	63.0	6.5	0.58	0.75	27.08	0.75	1	0.00	8.58	18.67	10.08	0.75	3	C1, C5, E2, C2, C6
2XIII F2	6.0	44.0	62.0	69.0	7.0	0.21	0.65	25.33	0.75	0.92	0.00	7.67	16.67	9.00	0.58	6	E2, I5, J1, C5, H3
2XIV F2	5.5	41.0	55.5	63.5	8.0	0.81	0.24	27.67	0.42	1	0.00	8.92	18.08	9.17	0.42	4	E1, H1
2XV F2	7.0	42.0	59.0	65.5	6.5	1.00	0.00	23.67	0.75	1	0.42	11.33	20.58	9.25	0.00	4	E2
2XVIII F2	5.5	39.5	56.0	63.0	7.0	0.69	0.44	27.17	0.83	1	0.00	10.17	22.00	11.83	0.25	4	E1, F1, D4
7XII F2	6.5	41.0	57.0	63.5	6.5	0.50	0.59	21.67	0.75	1	0.33	8.08	18.42	10.33	0.42	4	E2, F1, F2, G1
7XIII F2	8.0	45.5	60.0	67.0	7.0	0.00	0.90	24.47	0.75	1	0.00	8.82	18.53	9.72	0.43	4	F1, E2, J5
7XIV F2	6.5	43.0	57.5	64.0	6.5	0.64	0.14	22.83	0.25	1	0.00	9.33	20.50	11.17	0.00	4	G1
7XV F2	6.0	41.0	56.0	63.0	7.0	0.90	0.00	23.92	0.25	1	0.08	8.83	18.50	9.67	0.25	4	G1, G2
7XVI F2	6.0	41.5	57.0	63.5	6.5	0.61	0.39	23.75	1.00	1	0.00	8.50	19.50	11.00	0.58	4	F2, H2

7XVII F2	6.5	43.0	56.5	63.0	6.5	0.77	0.44	20.25	0.17	1	0.50	8.92	19.00	10.08	0.25	3	F1, B3, E2
7XVIII F2	6.0	43.5	56.0	62.0	6.0	0.27	0.93	24.92	1.00	1	0.00	9.08	20.17	11.08	0.92	7	C1, C7, I4, E2, K
39XII F2	10.5	40.5	56.0	61.5	5.5	1.00	1.00	18.00	1.00	1	0.00	10.50	22.50	12.00	1.00	4	C6, E2
39XIII F2	7.5	43.0	56.5	63.0	6.5	0.18	0.78	23.17	0.42	1	0.25	7.25	17.58	10.33	0.58	4	C1, E1, C6, D2
39XIV F2	8.0	42.5	56.5	62.0	5.5	0.05	0.76	28.08	0.67	1	0.42	8.50	18.17	9.67	0.58	3	B3, C4
39XV F2	6.5	41.0	57.0	63.0	6.0	0.13	0.82	23.75	0.67	1	0.00	8.33	18.00	9.67	0.58	3	B1, C3, D4, B1, C1, F1
39XVII F2	9.9	48.0	64.4	72.6	8.2	0.24	0.50	25.20	0.30	1	0.00	8.58	18.41	9.83	0.50	2	B2
39XVIII F2	5.5	42.5	58.5	65.0	6.5	0.22	0.74	22.67	0.58	1	0.08	9.67	20.25	10.58	0.50	7	B3, E1, C6, I1, I2, K
48XII F2	7.5	42.5	57.0	63.5	6.5	0.45	0.67	24.92	0.83	1	0.00	7.92	18.08	10.17	0.67	3	B3, C6, F2, E2
48XIII F2	7.0	42.0	57.0	63.0	6.0	1.00	0.00	25.30	0.33	1	0.10	8.25	18.32	10.07	0.00	4	E1, D4
48XIV F2	7.0	41.5	56.5	62.0	5.5	0.84	0.26	23.67	0.58	0.92	0.00	7.92	17.92	10.00	0.25	6	E1, C6, I3, J2, J3
48XV F2	6.5	41.5	57.0	62.0	5.0	0.70	0.31	25.08	0.33	1	0.20	8.23	18.65	10.42	0.28	3	C4, C6
48XVI F2	6.0	40.5	58.0	62.5	4.5	0.63	0.54	24.92	0.42	1	0.08	10.25	20.17	9.92	0.42	3	B3, H1, B1, E2, H2
48XVII F2	7.5	42.0	56.5	62.5	6.0	1.00	0.00	26.58	0.67	1	0.08	7.67	16.83	9.17	0.00	4	D2, D2
48XVIII F2	7.0	42.0	57.0	62.0	5.0	1.00	0.00	26.92	0.67	1	1.00	9.17	18.83	9.67	0.00	4	D3
51XII F2	7.0	42.0	56.5	62.5	6.0	0.96	0.04	23.50	0.08	1	0.50	8.92	17.75	8.83	0.00	4	D5, D1
51XIII F2	7.5	41.5	56.0	61.5	5.5	0.90	0.17	28.75	0.33	1	0.25	7.83	17.58	9.75	0.08	4	C6, D4, G3, H1
51XIV F2	7.0	41.5	55.5	61.0	5.5	0.75	0.23	24.50	0.58	1	0.17	8.33	17.58	9.25	0.25	3	C6, F1, I3, D5, E3, I6
51XV F2	5.5	42.5	57.0	62.0	5.0	0.20	0.74	23.33	0.33	1	0.08	10.38	18.67	8.29	0.75	3	C6, D3, H2, C3, C4
51XVII F2	5.5	41.5	56.5	62.5	6.0	0.66	0.27	22.42	0.25	1	0.92	7.75	17.25	9.50	0.17	4	G3, D5, E3
51XVIII F2	5.0	41.0	57.5	63.0	5.5	1.00	0.00	23.25	0.00	1	0.00	10.92	21.33	10.42	0.00	4	D1
54XII F2	6.5	41.0	56.0	62.0	6.0	1.00	0.00	20.33	0.08	1	1.00	7.25	14.25	7.00	0.00	4	E1, F2
54XIII F2	5.0	41.0	56.0	61.0	5.0	0.46	0.42	22.92	0.58	1	0.58	9.25	18.58	9.33	0.25	4	F2, C4, D5
54XVI F2	5.0	44.5	59.5	65.0	5.5	0.14	0.64	24.42	0.75	1	0.25	9.33	19.83	10.50	0.54	3	B3, C6, D4, D1
54XVII F2	9.5	41.0	58.0	64.0	6.0	0.79	0.00	20.25	0.00	1	0.00	8.67	17.67	9.00	0.17	4	D5, E1
54XVIII F2	5.5	38.5	53.5	59.0	5.5	0.90	0.05	19.00	0.25	1	0.50	9.42	19.58	10.17	0.08	4	E2, H3
60XII F2	8.5	40.0	55.0	61.0	6.0	0.88	0.08	17.08	0.17	1	0.17	7.67	16.50	8.83	0.00	4	D4, F1, F3
60XIII F2	8.0	41.0	55.5	61.5	6.0	1.00	0.00	17.08	0.00	1	0.50	9.00	18.42	9.42	0.00	4	G2
60XIV F2	6.5	41.0	54.5	61.0	6.5	1.00	0.00	18.33	0.25	1	0.00	7.33	17.92	10.58	0.00	4	F2
60XV F2	7.5	40.5	55.0	61.5	6.5	1.00	0.00	18.33	0.00	1	0.00	8.58	16.67	8.08	0.00	4	H3, F1
60XVI F2	9.0	41.0	55.5	61.5	6.0	1.00	0.00	17.17	0.00	1	0.67	8.33	17.25	8.92	0.00	4	F3, D3, D4
60XVIII F2	5.5	40.5	55.0	60.5	5.5	0.90	0.05	16.67	0.25	1	0.33	8.17	17.58	9.42	0.08	4	E1, D3

Cuadro 8.3. Análisis de componentes principales en cien genotipos de girasol ornamental. Contribución relativa de cada genotipo a los dieciséis componentes principales. Torreón, Coah. 2007

Cruzas	Componentes															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
II	3.992	-2.678	-6.046	-7.245	-0.493	2.311	-1.191	-0.681	-1.912	0.538	-0.014	-0.003	-0.168	0.167	-1.3E-04	1.7E-05
III	6.074	-6.868	1.046	1.793	0.153	0.589	-2.237	0.047	0.787	0.405	0.188	-1.208	0.397	-0.199	1.6E-04	-4.5E-05
IV	3.474	-0.083	-2.003	0.043	-2.542	1.375	1.365	0.682	2.001	-1.267	-1.298	-0.568	0.080	-0.003	-4.5E-05	3.2E-05
V	4.245	0.509	-1.670	1.132	-0.544	1.152	-1.441	0.727	0.997	0.706	-0.265	-0.384	-0.192	-0.122	1.1E-04	3.5E-05
VI	3.002	0.649	0.214	0.675	-1.279	-0.122	-0.771	-1.129	0.241	-0.466	-0.183	-0.321	-0.423	-0.252	-4.2E-04	1.7E-05
VII	4.727	0.035	-2.052	2.326	-1.319	0.169	-0.878	1.098	-0.170	0.061	-0.594	-0.402	-0.052	0.052	7.2E-05	3.7E-05
VIII	4.000	-0.734	-2.125	1.881	-1.379	-0.570	-0.404	0.777	0.084	0.414	-0.712	-0.776	0.352	-0.109	2.6E-05	2.6E-05
2	-3.386	3.143	-1.866	1.084	-2.325	0.820	-2.009	-0.250	-0.324	-0.298	-0.099	0.854	-0.013	0.016	9.2E-05	-2.2E-04
7	-2.447	0.534	-5.033	1.486	-2.309	-0.258	-0.577	-0.682	0.426	0.157	-0.689	-0.551	-0.636	-0.015	1.7E-05	-1.7E-04
39	-2.061	0.534	0.575	0.514	-0.409	0.070	0.767	-0.743	-0.605	0.697	0.029	-0.290	-0.062	-0.024	-3.4E-05	1.3E-05
48	-1.901	-0.152	0.970	-0.071	-3.161	0.020	-1.298	0.313	-0.161	-0.127	0.461	0.573	0.057	-0.011	-3.0E-04	2.9E-04
51	-2.061	-2.270	1.618	0.314	-0.708	0.098	0.645	0.053	-0.637	-0.605	-0.325	-0.812	0.015	-0.194	-4.3E-04	-2.5E-05
54	-3.491	1.819	-0.066	0.097	0.093	0.122	0.082	-0.598	-0.475	0.541	-0.458	-0.180	0.109	0.021	4.1E-04	3.9E-05
55	-2.886	1.291	-0.423	-0.361	0.546	-0.239	0.744	0.090	-0.136	0.264	0.088	-0.949	-0.388	0.008	-2.8E-05	2.3E-05
60	-2.642	-1.400	-0.032	-1.005	-0.211	-1.208	0.777	0.944	0.205	0.275	-1.134	-0.247	0.343	0.100	4.7E-04	2.6E-06
2XII F1	1.763	1.903	0.142	0.472	-0.021	0.333	-0.774	-0.502	0.201	1.415	-0.157	-0.539	0.280	0.228	-6.1E-05	1.3E-05
2XIII F1	2.382	0.127	0.886	0.793	-0.738	-0.163	-0.511	-1.301	-0.253	-1.465	0.164	0.101	-0.381	0.811	-1.3E-05	9.8E-06
2XIV F1	0.978	1.911	0.358	0.531	1.341	-0.071	-0.087	-0.010	-0.763	-1.184	0.472	0.295	0.257	0.452	3.7E-04	1.3E-06
2XV F1	-1.038	0.269	-0.777	0.247	-1.818	-1.229	-0.997	0.470	-0.208	0.060	0.408	0.655	0.161	0.211	-3.8E-04	6.7E-06
2XVIII F1	-0.489	2.244	-0.853	0.469	-1.603	-0.370	-1.605	0.072	-0.187	0.110	0.723	0.231	0.083	-0.618	9.2E-05	3.3E-05
7XII F1	1.886	2.323	-2.885	0.144	0.503	-1.674	0.922	0.030	0.580	0.733	0.110	0.138	0.023	0.135	-1.2E-04	3.2E-05
7XIII F1	0.994	1.814	0.102	0.524	0.146	0.306	-0.198	-0.054	-0.287	-0.134	-0.317	0.262	0.132	0.188	-3.3E-05	1.1E-05
7XIV F1	0.874	0.986	-1.893	0.940	0.588	-0.518	0.040	1.131	-0.394	-0.670	-0.076	0.049	0.407	-0.143	-4.7E-05	1.3E-05
7XV F1	-1.732	3.472	-0.974	-1.303	1.628	0.275	-1.401	2.059	0.292	-0.022	-0.585	-0.407	-0.415	0.075	1.1E-04	3.4E-05
7XVI F1	2.096	0.963	-0.199	1.237	0.153	0.128	0.046	-0.410	-0.350	0.399	-0.467	-0.801	0.347	0.443	3.4E-04	2.1E-05
7XVII F1	-0.327	-0.924	-0.799	0.609	0.512	-0.096	-0.386	-0.730	0.292	0.378	0.216	0.528	0.141	-0.231	1.5E-05	1.1E-05
7XVIII F1	1.359	3.216	-0.261	0.103	1.133	0.068	-0.624	-0.076	-0.112	0.072	-0.236	-0.384	0.236	-0.065	-9.1E-05	1.6E-05
39XII F1	2.309	1.340	0.491	-0.278	0.698	-1.038	0.841	-0.371	0.124	0.547	0.534	-0.327	0.041	0.002	3.8E-04	3.4E-05
39XIII F1	2.399	1.060	0.833	-0.073	0.765	-0.630	0.498	-0.281	-0.109	-0.371	0.571	-0.203	-0.071	-0.324	-3.6E-05	-1.7E-05
39XIV F1	2.459	-0.053	-0.498	-0.297	0.477	-1.520	0.680	-0.151	0.357	-0.641	-0.526	0.601	-0.347	0.020	1.3E-05	3.9E-06
39XV F1	2.049	0.290	-0.433	0.700	1.015	-0.643	1.087	-0.039	-0.208	0.575	0.304	0.947	-0.506	-0.284	-4.1E-04	2.2E-05
39XVII F1	2.915	0.967	0.292	-0.200	0.355	-0.832	0.320	0.459	0.249	0.673	0.256	0.417	0.307	0.333	-3.5E-05	-2.2E-05
39XVIII F1	2.709	-1.267	-1.380	-1.845	-0.173	0.383	0.658	-0.991	-3.085	-0.226	0.472	-0.061	0.367	-0.388	2.9E-04	-1.2E-05
48XII F1	1.136	0.434	0.899	0.095	0.155	0.101	1.262	0.472	-0.140	0.303	0.262	-0.193	0.217	-0.190	-3.8E-05	-2.4E-05
48XIII F1	1.167	-1.095	-0.377	0.781	0.055	-0.625	0.460	0.159	-0.181	-0.352	0.561	-0.031	0.187	-0.082	-1.3E-05	-1.1E-05
48XIV F1	1.906	-1.544	1.100	1.609	0.173	-0.029	0.659	0.676	-1.272	-0.743	0.067	0.691	0.217	-0.451	6.4E-05	-3.0E-05

48XV F1	1.124	0.109	-0.953	0.571	0.855	-0.485	0.146	-0.212	0.121	0.133	-0.076	0.651	0.604	0.099	-9.1E-05
48XVI F1	-0.318	-0.336	0.306	0.674	0.697	-0.333	-0.023	0.559	-0.905	-0.891	-0.267	0.135	-0.046	-0.153	4.6E-05
48XVII F1	-0.238	-0.353	-0.345	0.599	0.145	-1.378	0.388	0.203	-0.630	0.002	0.798	-0.644	0.245	0.386	-5.4E-04
48XVIII F1	-1.840	0.498	0.539	0.324	0.446	0.767	0.148	1.136	-0.703	-0.266	-0.348	-0.525	-0.072	-0.021	4.7E-05
51XII F1	-0.854	-4.527	-1.830	1.079	2.605	-0.960	0.463	-0.471	0.179	0.020	0.458	-0.150	-0.240	0.411	-3.0E-07
51XIII F1	-1.815	0.136	0.234	0.093	0.062	1.485	-0.930	0.019	0.290	-0.863	1.506	-0.194	-0.472	-0.049	1.2E-04
51XIV F1	-1.243	-1.789	0.184	0.513	0.380	0.449	-0.254	-0.540	0.038	-0.403	-0.215	0.047	0.073	0.023	2.2E-05
51XV F1	-1.377	0.170	0.219	-0.086	-0.429	1.076	-0.924	-1.467	0.819	-0.419	0.879	-0.600	0.337	0.257	3.9E-04
51XVI F1	-0.728	0.814	0.762	0.376	0.374	0.087	0.018	-0.162	-0.550	0.817	-0.758	0.766	0.297	-0.023	9.5E-07
51XVII F1	-0.400	-0.649	-0.535	-0.222	2.167	0.346	-0.747	-0.226	0.670	-0.027	-0.080	0.190	0.262	0.302	-3.2E-05
54XII F1	-1.069	-0.071	-0.241	-0.568	0.048	-0.783	0.821	-1.142	0.591	0.068	-0.534	0.373	0.432	0.140	-5.9E-04
54XIII F1	0.249	-0.701	0.067	-0.164	-0.153	-0.011	0.284	-0.150	0.488	-0.091	-0.782	1.109	0.148	-0.080	4.2E-05
54XVI F1	2.264	1.939	1.497	0.159	1.181	0.867	-0.402	-0.524	-0.095	0.270	-0.311	0.184	0.287	-0.351	-4.1E-05
54XVII F1	-0.520	1.406	1.648	-2.144	0.691	-1.392	-0.736	0.565	0.366	0.556	-0.333	-0.126	0.013	0.008	6.0E-05
54XVIII F1	0.221	1.471	1.003	-0.239	-0.508	-0.708	-1.044	-1.377	-0.154	-0.743	-0.021	0.750	-0.108	0.332	4.8E-04
55XVI F1	-1.484	-1.507	-0.441	-0.294	0.357	-1.534	1.323	0.538	-0.137	-0.582	0.729	-1.313	-0.337	0.035	-1.7E-05
60XII F1	0.148	0.269	1.575	-1.359	0.206	-0.520	-1.257	0.241	0.407	-0.782	0.533	-0.549	0.053	-0.132	6.4E-05
60XIII F1	-0.754	0.647	0.732	-0.419	-1.046	0.039	0.546	-0.964	-0.271	0.454	0.107	0.323	-0.294	-0.356	4.0E-05
60XIV F1	-0.623	-0.237	-1.129	0.820	-1.056	-2.461	0.344	-0.043	0.518	-0.005	0.818	0.012	-0.342	0.242	3.7E-05
60XV F1	2.048	0.684	-0.160	0.114	0.461	-1.106	0.574	-1.188	0.087	-1.215	0.370	0.071	-0.188	0.034	-8.8E-05
60XVI F1	-3.299	-0.387	-0.922	0.544	-0.433	-1.026	0.656	-0.384	-0.547	0.555	-0.283	-0.214	0.056	-0.190	-2.5E-05
60XVIII F1	-2.031	-0.657	1.161	-0.279	0.152	-1.744	-1.102	-0.769	-0.702	0.384	-0.417	-0.713	-0.171	-0.189	5.9E-05
2XII F2	1.424	0.582	0.487	0.477	-0.368	-0.508	0.193	0.195	-0.397	-0.243	0.695	0.397	0.476	-0.091	4.4E-04
2XIII F2	2.322	-1.792	3.144	-1.128	-1.189	1.796	2.259	0.100	-0.801	0.051	-0.093	0.001	-0.054	0.177	-5.9E-05
2XIV F2	-0.395	-0.047	1.422	0.889	-2.388	0.795	-0.330	-0.386	-0.818	-0.252	0.840	0.452	0.489	0.251	-2.0E-05
2XV F2	-1.328	0.771	2.204	-0.899	0.647	2.007	-1.797	0.080	0.336	-1.345	0.725	-0.733	-0.395	-0.082	1.3E-04
2XVIII F2	-0.165	3.452	1.149	0.150	0.514	0.978	-0.282	0.226	-0.451	0.522	1.437	0.258	-0.358	-0.139	7.7E-05
7XII F2	0.337	-0.242	0.600	-0.255	-0.003	0.160	0.932	-0.274	0.538	0.627	1.145	0.085	-0.248	-0.171	5.0E-04
7XIII F2	2.430	-0.285	2.498	-1.227	-0.905	-0.040	0.231	-0.095	0.708	0.045	-0.528	0.053	-0.982	-0.480	-2.6E-04
7XIV F2	-1.296	1.348	1.463	-0.498	-0.412	0.485	-0.249	0.409	-0.140	1.239	-0.561	-0.278	-0.412	0.068	1.1E-04
7XV F2	-1.610	-0.115	0.987	0.618	-1.167	0.541	-0.119	-0.050	-0.512	0.180	0.244	0.033	0.373	0.451	-3.6E-05
7XVI F2	0.682	1.243	0.832	-0.044	-0.288	0.114	1.013	0.483	-0.083	0.314	1.367	-0.593	-0.098	0.446	-1.9E-05
7XVII F2	-1.021	-0.503	0.452	-0.046	0.374	0.101	-0.937	-0.873	0.392	1.213	0.097	-0.127	0.445	-0.391	1.0E-06
7XVIII F2	1.778	2.475	-0.133	-0.673	-0.952	2.049	2.998	0.130	1.525	-0.384	0.016	0.065	0.369	0.140	2.8E-04
39XII F2	0.315	3.520	-0.421	-3.302	1.100	-2.175	-0.229	-0.148	1.668	-1.321	0.851	-0.512	1.160	-0.549	3.1E-06
39XIII F2	1.194	-0.966	0.111	-0.309	-0.554	-0.941	0.748	-0.236	0.672	1.248	-0.042	0.826	-0.154	-0.029	-2.4E-04
39XIV F2	1.983	-0.596	-0.637	-0.077	0.995	-0.689	-0.739	0.330	0.481	-0.087	-0.115	1.346	-0.845	0.101	7.0E-05
39XV F2	1.529	-0.129	0.379	0.428	0.326	-0.885	0.783	-0.483	-0.335	-0.017	-0.094	0.393	-0.729	-0.172	2.0E-04
39XVII F2	2.420	-1.749	5.465	-2.408	-1.200	-1.633	-2.292	0.342	0.185	1.034	-0.860	0.000	-0.062	0.317	7.2E-05
39XVIII F2	0.574	1.800	1.823	-0.786	-0.767	2.726	2.483	-0.691	1.175	0.143	-0.651	0.203	-0.107	-0.058	-2.1E-04
48XII F2	1.543	-0.163	0.561	-0.202	-0.459	-1.218	0.333	0.439	-0.027	0.039	0.722	0.068	-0.086	0.042	-7.9E-05
48XIII F2	-1.681	-0.449	0.634	-0.070	-0.341	0.309	0.042	1.550	-0.330	0.267	-0.064	0.083	0.111	0.048	-4.2E-04
48XIV F2	-0.958	-0.272	-0.458	-1.363	-0.721	1.383	2.327	1.252	-0.462	-0.415	-0.176	0.063	0.240	0.037	1.1E-04
															-6.6E-05

48XV F2	-0.567	-0.112	-0.266	0.314	1.360	-0.331	0.107	1.093	-0.459	0.666	-0.426	0.368	0.095	0.093	4.4E-05	6.7E-06
48XVI F2	-0.149	1.356	0.246	0.309	2.454	0.262	-0.253	0.247	-0.725	-0.675	-1.068	0.137	0.066	-0.218	-3.1E-05	-2.2E-05
48XVII F2	-1.122	-1.485	0.192	0.112	-0.735	0.098	0.318	2.068	-0.304	-0.695	0.551	-0.011	-0.299	-0.026	-2.9E-04	-1.8E-05
48XVIII F2	-1.358	-0.960	-0.616	-0.318	1.976	2.194	-1.141	1.499	1.046	-0.174	1.072	0.553	-0.074	0.106	-3.1E-04	1.3E-06
51XII F2	-2.164	-1.549	0.254	0.090	0.122	1.046	-0.721	0.258	0.277	-0.146	-0.408	0.417	0.258	-0.085	8.6E-05	1.0E-05
51XIII F2	-1.051	-1.016	-0.482	0.278	0.082	-0.030	-0.279	1.960	-0.279	0.021	-0.087	1.045	0.097	-0.051	9.3E-05	3.0E-05
51XIV F2	-0.604	-0.842	-0.703	0.521	0.433	-0.465	-0.121	0.806	-0.351	-0.535	0.164	-0.024	-0.348	0.029	9.7E-05	1.0E-05
51XV F2	1.042	0.203	-0.069	1.118	1.670	0.348	-0.135	-1.446	-0.498	-1.280	-1.836	-0.066	-0.091	0.024	-9.8E-05	3.0E-05
51XVI F2	-1.121	-2.122	-0.221	0.664	0.880	1.553	0.205	-0.378	0.745	1.391	0.716	0.706	0.166	0.027	4.7E-05	6.0E-06
51XVII F2	-2.595	2.129	1.214	0.440	1.064	1.523	-0.620	0.058	-0.965	0.162	-1.333	-0.409	0.354	0.010	-5.2E-04	-1.1E-05
54XII F2	-2.468	-5.022	-0.527	0.898	0.387	1.285	0.037	-0.493	0.715	-0.248	0.485	0.539	0.341	-0.146	6.7E-05	2.7E-05
54XIII F2	-0.346	-0.300	-0.851	1.049	1.985	1.358	0.159	-0.469	0.098	0.029	0.151	0.040	-0.637	-0.104	4.1E-05	-3.4E-08
54XVI F2	1.913	0.793	1.249	0.399	1.805	0.810	0.044	-0.111	-0.196	0.937	-0.264	-0.602	-0.582	0.187	3.3E-05	2.4E-05
54XVII F2	-2.108	-1.429	1.221	-1.558	-0.424	-1.029	-0.048	0.382	0.328	-0.816	-1.400	0.392	-0.040	0.389	8.3E-05	1.1E-05
54XVIII F2	-2.984	0.622	-1.402	0.604	1.029	0.921	0.158	-0.833	0.215	0.390	0.420	-0.005	-0.089	0.108	-5.2E-04	1.1E-05
60XII F2	-2.728	-2.141	-0.498	-0.655	-0.610	-1.098	0.763	-0.091	0.456	-0.416	-0.313	-0.008	-0.351	-0.190	7.7E-05	1.1E-05
60XIII F2	-3.206	-1.145	-0.209	-0.914	0.218	0.088	-0.483	-0.591	0.914	0.127	-0.359	-0.052	0.176	-0.060	1.6E-05	1.5E-05
60XIV F2	-2.653	-0.491	-0.264	0.146	-1.128	-0.716	1.102	0.355	-0.214	1.229	0.408	-0.655	0.040	-0.017	4.7E-04	2.6E-05
60XV F2	-3.008	-1.849	0.185	0.156	-1.222	-0.491	0.204	-0.588	-0.243	-0.953	-0.798	-0.288	0.005	-0.213	5.0E-04	2.7E-06
60XVI F2	-3.151	-2.409	-0.473	-1.262	0.103	-0.201	-0.508	-0.383	1.370	-0.065	-0.171	0.356	0.168	-0.057	6.4E-05	2.7E-06
60XVIII F2	-2.623	-1.122	-0.796	0.663	0.676	0.354	1.084	-0.544	-0.001	0.467	0.022	-0.804	-0.027	-0.005	-5.4E-04	6.3E-06

Cuadro 8.4. Catálogo de colores en pétalos (lígulas) de girasol ornamental. Grupos formados de muestras de cien genotipos: F₁, F₂ y progenitores.



Cuadro 8.5. Catálogo de genotipos sobresalientes por color



