

15 2c1

Universidad Nacional Autónoma de México



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

ANALISIS GENERAL DE MUTACIONES Y EFECTOS MUTA-
GENICOS DE RADIACIONES IONIZANTES DE COBALTO 60,
EN PLANTULAS DE TRES CULTIVARES DE GERBERA
(Gerbera jamesonii)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA

PRESENTAN:

María Ramona Domínguez Licona
Ricardo García Vargas

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Hilda Carlna Gómez Villar



V N A M

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. MEX. OCTUBRE 1990

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	pag.
I. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivos	4
1.2. Hipótesis	5
II. REVISION DE LITERATURA	6
2.1. Historia de las mutaciones en plantas	6
2.2. Clasificación de mutaciones	7
2.2.1. Mutaciones a nivel de individuo y poblaciones ..	8
2.2.2. Mutación de genes	9
2.2.3. Mutación extragénica	11
2.2.4. Mutación de cromosomas	12
2.2.4.1. Reacomodos estructurales de los cromosomas	12
2.2.5. Mutaciones del genoma	17
2.3. Las mutaciones inducidas y los métodos de mejo- miento en plantas	18
2.4. Mutaciones en caracteres con variación continua.	18
2.4.1. Bases genéticas para variación continua	18
2.4.2. Métodos para detectar mutaciones inducidas para caracteres cuantitativos	19
2.5. Plantas propagadas por semilla	19
2.5.1. Características de herencia simple	19
2.5.2. Caracteres cuantitativamente heredables	20
2.5.3. Las mutaciones en el mejoramiento por cruza	21
2.6. Plantas propagadas vegetativamente	23
2.6.1. Aspectos generales	23
2.6.2. Consideraciones genéticas.	25
2.6.3. Características anatómicas.	28

2.7. Consideraciones generales sobre el material vegetal en relación con el tratamiento mutagénico.	34
2.7.1. Material vegetal para el tratamiento.	34
2.7.2. Época para tratamiento.	37
2.7.3. La técnica del manejo del material.	37
2.7.4. Agente mutagénico.	39
2.7.5. Dosis y valor de la dosis.	41
2.7.6. Dificultades e inconvenientes en trabajos con mutaciones.	44
2.7.7. Algunas consideraciones metodológicas.	45
2.7.8. El costo del mejoramiento por mutación.	45
2.8. La gerbera (<u>Gerbera jamesonii</u> H. Bolus).	46
2.8.1. Descripción botánica.	46
2.8.2. Clasificación taxonómica.	48
2.8.3. Mejoramiento genético.	48
2.8.4. Formas de propagación comercial de gerbera.	48
2.8.4.1. Propagación sexual.	48
2.8.4.2. Propagación asexual.	49
III. MATERIALES Y METODOS.	51
3.1. Materiales.	51
3.1.1. Material genético.	51
3.1.2. Material vegetal empleado.	54
3.2. Metodología.	55
3.2.1. Sitio donde se realizó el experimento.	55
3.2.2. Tratamiento.	55
3.2.3. Diseño experimental.	56
3.2.4. Desarrollo del experimento.	56
IV. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.	58
V. DISCUSION.	78

VI. CONCLUSIONES.	98
VII. BIBLIOGRAFIA.	100

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	pag.
1. Efectos del tratamiento mutagénico a nivel de locus.	27
2. Cambios estructurales, resultantes de tratamientos mutagénicos.	27
3. Material vegetal y dosis de irradiación adecuada usados para la inducción de mutaciones somáticas en plantas propagadas vegetativamente.	35
4. Fuentes de radiación.	40
5. Caracterización de los cultivares de gerbera (<u>Gerbera jamesonii</u>), utilizados para la evaluación de los efectos mutagénicos, según Gómez, 1989b.	54
6. Sobrevivencia de plántulas de gerbera (<u>Gerbera jamesonii</u> H. Bolus), después del tratamiento a diferentes dosis de irradiación gamma de Cobalto 60. ..	58
7. Concentrado de resultados. Promedios de las observaciones hechas para diferentes características en <u>Gerbera jamesonii</u> H. Bolus, en los cultivares Gb 8 Alicia, Gb 6 Pascal y Gb 9 María.	59
8. Análisis de varianza para la característica diámetro de flor (inflorescencia ó capítulo).	62
9. Análisis de varianza para la característica diámetro de centro (receptáculo).	63
10. Análisis de varianza para la característica diámetro de tallo (escapo floral).	64
11. Análisis de varianza para la característica longitud de tallo.	65

	pag.
12. Análisis de varianza para la característica número de hijuelos.	66
13. Análisis de varianza para la característica número de flores.	67
14. Espectro de mutaciones de <u>Gerbera jamesonii</u> cv. Gb 8 Alicia (Naranja).	68
15. Espectro de mutaciones de <u>Gerbera jamesonii</u> cv. Gt 6 Pascal (Rojo).	70
16. Espectro de mutaciones de <u>Gertera jamesonii</u> cv. Gt 9 María (Blanco), doble.	72

INDICE DE FIGURAS

Figura No.	pag.
1. Formación de translocaciones.	13
2. Formación de inversiones.	14
3. Formación de duplicaciones.	15
4. Formación deficiencias.	16
5. Organización apical de un brote, de acuerdo a la teoría de la Túnica-carpus.	29
6. Gb 8 Alicia T ₁ 27, flor típica amplificada, color naranja 164 C.	52
7. Gb 6 Pascal T ₁ 15, flor típica amplificada, color rojo 200 C.	52
8. Gb 9 María T ₁ 23, flor típica amplificada, color blanco.	53
9. Plantas completas de los tres cultivares empleados...	53
10. Plántulas de ocho semanas de edad, derivadas de cultivo de tejidos.	55
11. Plantas completas, donde se muestran los cambios de color de flor en el cultivar Gb 8 Alicia.	84
12. Muestra a la planta Gb 8 Alicia T ₂ 23, que presentó dos tonos de color en la misma flor.	85
13. Gb 8 Alicia T ₂ flor amarilla 136 C, cambio contrastante total con el color típico 164 C naranja.	85
14. Flor de apariencia quimérica en Gb 8 Alicia T ₂	86
15. Flor que no presentó anteras del cultivar Gb 6 Pascal T ₂	87
16. Capítulo con lígulas de las florecillas exteriores irregularmente formadas en el cultivar Gb 6 Pascal T ₂	87

17. Plantas completas del cultivar Gb 9 María, donde se muestran algunos cambios observados por efecto del tratamiento mutagénico. 88
18. Flor de lígulas rizadas -órgano floral mutante "entero"- en el cultivar Gb 9 María de T₂. 89
19. Figura que presenta: flor de aspecto normal Gb 9 María T₁ y a la derecha, se aprecia una flor que perdió la hilera externa de flores liguladas en T₂. ... 90
20. Escapo floral bifurcado, cuyas ramificaciones rematan en un capítulo cada una, en el cultivar Gb 9 María... 91
21. Gb 9 María T₂ 25, detalle amplificado de las lígulas rizadas en algunos receptáculos. 95

I. INTRODUCCION

México es un país con características favorables para la producción de plantas ornamentales, ya que cuenta con zonas que poseen un potencial climático adecuado para su desarrollo.

En años recientes el comercio internacional de ornamentales se ha ampliado considerablemente, siendo una importante fuente de intercambio comercial entre varios países. Aunque la mayor parte de éste comercio radica en flores de corte, muchos otros productos de ornato son también importantes, incluyendo follajes, bulbos y semillas.

El valor de las exportaciones florícolas a nivel mundial ha sido de 2 600 millones de dólares anuales durante los cuatro años anteriores, según indica ANAPROMEX.

Aunque los precios pueden estar aparentemente a la baja, las exportaciones de México, se ven favorecidas principalmente por la cercanía al mercado de los Estados Unidos de América.

México hasta hace relativamente poco tiempo, se viene integrando al mercado de flor cortada a nivel mundial.

En la actualidad se está dando un impulso fuerte a la actividad florícola en nuestro país, por parte de empresas públicas y privadas para su desarrollo. Aunque, como en muchas otras ramas de la actividad económica, existen países que tradicionalmente, han venido desarrollando infinidad de trabajos encaminados hacia el mejoramiento genético, con el fin de crear plantas con características tan variadas como el mercado de éstos productos lo exige. Sin embargo, la mayor parte del ma-

terial vegetal que se emplea para la producción en nuestro país, proviene del extranjero, pagando por ello y por el derecho de uso, cantidades considerables de divisas.

México en el desarrollo de la floricultura aún puede mejorar su situación, si realiza y genera su propia tecnología en el manejo, comercialización, mejoramiento genético y obtención de nuevos cultivares.

Para el mejoramiento genético y la obtención de nuevos cultivares existen diferentes métodos. Uno de ellos es el mejoramiento por mutaciones inducidas, el cual, aún se encuentra en desarrollo. Este método ha sido aplicado para mejorar otras especies tanto agrícolas, frutícolas y horticolas en cultivos como cebada, caña de azúcar, durazno, ciruelo, cítricos, crisantemos, gladiolas, violetas y clavel tan sólo por citar algunos ejemplos.

En particular el cultivo de la gerbera (Gerbera jamesonii), en los últimos años ha ido aumentando poco a poco, por ser flores que tienen mucha duración cuando se cortan en su punto y además, presentan una amplia gama de colores que puede satisfacer a los mercados más exigentes, nacionales y extranjeros.

Recientemente se ha desarrollado bastante éste cultivo en Europa occidental, destacando Holanda entre los principales países. Así mismo, el número de variedades cultivadas ha tenido un ritmo creciente después de las primeras razas obtenidas en Alemania, Holanda y Dinamarca. Por hibridación se han obtenido nuevas formas con flores más o menos llenas, estando la mayoría patentadas. Por ejemplo, Holanda cobra cantidades considerables por la patente de sus híbridos ó cultivares.

En México el cultivo de la gerbera es reciente y se paga mucho por las variedades que se adquieren en el exterior, por lo que urge producir materiales propios de ésta planta y otras especies ornamentales de elevada importancia económica. De ahí el interés del presente trabajo en que se trata de mejorar la calidad de la planta mediante la inducción de mutaciones por medio de rayos gamma de ^{60}Co .

En éste trabajo se utilizaron plántulas de tres cultivares de gerbera, para observar los efectos del tratamiento mutagenico. De donde se obtuvieron cambios en color, forma, vigor de planta y cambios fenotípicos en características como diametro de flor, longitud de tallo y otras que son favorables para la calidad de la flor. De las dosis utilizadas sólo la de 1000 r permitió obtener porcentajes variables de sobrevivencia, de acuerdo a la radiosensitividad de cada genotipo ó cultivar, que al mismo tiempo mostraron espectros de mutación variables.

En general, los cambios que se observaron pueden ser usados según convenga, tanto haciendo uso directo de dichos cambios así como, integrándolos a un programa de mejoramiento genético para incorporar ciertas características a los cultivares ya existentes. De éste modo, se contribuye a generar una variabilidad genética más grande y permitirá hacer uso de ella, para producir nuevos cultivares ó mejorar los cultivares que ya se están produciendo comercialmente en nuestro país.

1.1. OBJETIVOS

Este trabajo tiene por objetivo realizar:

"Un análisis general de las mutaciones y observar los efectos mutagenicos producidos por radiaciones gamma de ^{60}Co , en plántulas de tres cultivares de gerbera (Gerbera jamesonii)".

Y en lo específico:

Determinar la dosis de radiación apropiada para producir cambios significativos en las características de las plantas de gerbera, para la formación de nuevos cultivares.

Evaluar los cambios mutagénicos que influyen en las características deseables, para el mejoramiento de la calidad de la flor.

Inferir si los cambios producidos son en porciones de la planta, ó bien en individuos completos para obtener una adecuada multiplicación de plantas que contengan dichos cambios y darles una utilidad práctica posterior.

1.2. HIPOTESIS

Con el incremento de las dosis aplicadas se incrementa el número de cambios mutagénicos, en las características de las plantas de gerbera.

Si sabemos que los cambios mutagénicos influyen en las características de la flor, se podrá lograr un mejoramiento genético en algunas características favorables.

Dependiendo de las características anatómicas y fisiológicas de las plántulas, al momento de la irradiación, podrán manifestarse los cambios mutagénicos en porciones de la planta, de modo tal que, dicha porción ó incluso individuo completo, pueda favorecer la propagación vegetativa, conservando la(s) característica(s) seleccionada(s).

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. HISTORIA DE LAS MUTACIONES EN PLANTAS.

Según Stebbens, citado por Sosa, 1983, define la mutación como cualquier cambio en el material hereditario capaz de ser heredable, que no sea resultado de la recombinación genética.

"Las mutaciones observadas en el reino vegetal son mucho más numerosas e importantes y han dado origen a numerosos agrotivos de mayor productividad ó de mejores propiedades cualitativas". (De la Loma, 1970).

Charles Darwin, citado por De la Loma, 1970, menciona algunos casos de variación discontinua, y los califica con el significativo nombre de "sports".

"Una de las mutaciones más antiguas que haya sido observada y registrada, fué la descubierta entre unas matas de helecho ordinario en Alemania en 1590. Así mismo, Duchesne en 1766, registra la aparición de una planta de fresa con un sólo folíolo. Y precisamente a Duchesne se debe la invención de la palabra "Mutación", que designa éstos cambios bruscos en los caracteres de los seres vivos; más tarde Hugo de Vries adoptó la denominación ideada por Duchesne". (De la Loma, 1985).

Del mismo modo, De la Loma, 1985, menciona que el botánico español Lagasca a principios del siglo XIX, halló en un sólo campo de una variedad de trigo, nada menos que 23 formas diferentes de dicho cereal, que en realidad debían ser mutaciones de la variedad en cuestión.

En 1886 Hugo de Vries descubrió dos casos de variación discontinua sobre la *Oenothera lamarckiana*, iniciándose con ésto

un incipiente estudio formal del fenómeno de las mutaciones, como lo reporta De la Loma, 1985.

Son numerosas las mutaciones observadas en otras plantas cultivadas como son: Frijol, trigo, cebada, avena, papa, algodón, diversas especies ornamentales y algunos frutales.

Allard, 1960, menciona que desde principios del siglo XX se ha venido trabajando con diferentes agentes mutagenicos para inducir mutaciones en diversos cultivos. Y cita que Stadler quien trabajó sobre los efectos de rayos X en plantas, obtuvo por éste medio una proporción muy alta de mutaciones en maíz y cebada.

En la actualidad, se trabaja intensamente en la producción de mutaciones inducidas en ornamentales y otros cultivos, para reducir tiempo y trabajo en la detección de posibles mutaciones en las poblaciones trabajadas y, al mismo tiempo ampliar el espectro de mutaciones para obtener, de éste modo, mutantes con características deseables. Y su incorporación planeada de ésta variabilidad inducida en proyectos prácticos de mejoramiento genético.

2.2. CLASIFICACION DE MUTACIONES

Las mutaciones pueden ser identificadas de acuerdo a su origen ya sean espontáneas ó inducidas, como lo indica Poeslman, 1986. Una mutación espontánea es aquella que ocurre en la naturaleza, mientras que una mutación inducida, resulta de la acción de un agente mutagenico. De igual manera, la mutación puede ser tanto recesiva ($A \rightarrow a$) ó dominante ($a \rightarrow A$). La mutación de gene recesivo, es lo más común.

2.2.1. Mutaciones a nivel de individuo y poblaciones.

De acuerdo a lo que refieren Trujillo, 1970 y Poehlman, 1986, las mutaciones pueden ser clasificadas de acuerdo a la magnitud de su efecto. Las mutaciones que producen efectos drásticos son macromutaciones, que pueden ser reconocidas en plantas individuales. Las mutaciones con pequeños efectos, los cuales pueden ser detectados sólo por una cuidadosa observación ó la medición de un grupo de plantas, son las micromutaciones. Esta distinción entre mutaciones que producen grandes ó pequeños efectos es una agrupación arbitraria.

Como señalan Goud, 1979 y Poehlman, 1986, las macromutaciones se refieren a cambios cualitativos ó discontinuos, mientras que las micromutaciones a cambios en los caracteres cuantitativos ó continuos. Por otra parte Trujillo, 1970, menciona que ésta clasificación se refiere solamente a la magnitud del cambio fenotípico, pero no tiene nada que ver con la magnitud del cambio a nivel genético, cromosómico ó genómico.

El tipo de mutantes drásticos ó macromutantes puede tener poca importancia en el mejoramiento genético, no obstante Trujillo, 1978, lo recomienda para cruzamiento con variedades de interés, lo cual traería la ventaja, en comparación con las cruza con especies silvestres, en que se obtendría solamente segregación respecto al carácter mutado y no a todos los demás caracteres indeseables, como sucedería bajo el método convencional, ahorrándose tiempo al evitar retrocruzas.

Las micromutaciones son muchas veces omitidas, como refiere Poehlman, 1986, por que sus efectos pueden ser tan pequeños que son difíciles de detectar, y aún es probable que ocurran

más frecuentemente que las macromutaciones.

Las micromutaciones, que indica Gaul citado por Trujillo, 1970; pueden ser manifiestos ó crípticos, éstos últimos sólo cabe detectarlos en el caso de que haya un cambio brusco en el ambiente en que se están desarrollando las plantas, de lo contrario no se observan diferencias respecto a la planta original.

Poehlman, 1986, indica que la micromutación ó el efecto acumulativo de un grupo de micromutaciones, pueden ser más útiles para el mejorador, que la macromutación. Por que las mutaciones que producen pequeñas variaciones son menos factibles de romper el balance genético de una planta, que las mutaciones que producen efectos más drásticos. Trujillo, 1970, nos muestra como los caracteres de rendimiento son de naturaleza cuantitativa, por ésta razón se ha tratado de aumentar las frecuencias de mutaciones en los últimos años con agentes físicos y químicos.

Tambien Poehlman, 1986, considera que en algunos casos los tipos de mutantes indeseables, pueden ser usados sucesivamente como progenitores en cruza, hasta que los efectos adversos de la mutación puedan ser reducidos si el gen mutante es transferido hacia otro material genético.

2.2.2. Mutación de genes.

Las mutaciones genéticas: son cambios submicroscópicos dentro de la fina estructura de un locus del gen. (cistrón).

De acuerdo con IAEA, 1977, los conceptos prevalectentes, la información genética es almacenada en cadenas de polinucleó-

tidos, las cuales forman la estructura de doble hélice del DNA (ó RNA en el caso de algunos virus). Los cuatro diferentes nucleótidos consisten de purina (adenina y guanina) ó pirimidina (timina y citocina ó uracilo) bases ligadas, unidas por grupos fosfato y azucars (desoxirribosa en DNA y ribosa en RNA). En la síntesis de proteína, una secuencia de tres nucleótidos (un codón o triplete) usualmente codifica para un aminoácido en particular. Estudios de virus y fagos han mostrado que ciertos mutágenos (por ejemplo, bases análogas; acridinas, ácido nitroso, agentes alquilantes), inducen cambios específicos en bases de pares sencillos.

De acuerdo a la taxonomía de Drake, registrada por IAEA, 1977, las lesiones mutacionales pueden ser divididas en las categorías siguientes: (a) Microlesiones : sustituciones de pares de bases según Freese, transiciones y transversiones (cambios de pares sencillos de bases); mutaciones de cambio en la estructura (inserciones o deleciones de pares de bases); (b) Macrolesiones : deleciones, duplicaciones y reacomodos .

En cuanto a las radiaciones ionizantes IAEA, 1977, indica que se ha demostrado que inducen macrolesiones debido a la ruptura de cromosomas . Probablemente mutaciones de punto puedan surgir después de la radiación, aunque su identificación como tal o su discriminación por pequeñas deficiencias o duplicaciones es difícil, en organismos superiores.

Los criterios usados para definir una mutación "genica" son los siguientes :

- (1) No existen irregularidades citológicas.
- (2) La segregación del heterocigoto es normal; el fenómeno de

letalidad de tipos extremos no ocurre .

(3) La mutación es capaz de reversión .

La paramutación según Brink y Axtell, citados por IAEA, 1977, implica la influencia de un alelo sobre el tipo y la proporción de mutabilidad de otro alelo al mismo locus .

Las radiaciones ionizantes con frecuencia ejercen una acción más radical sobre la constitución cromosómica, de lo que lo hacen algunos mutagenos químicos. Pero son sin duda, también capaces de inducir mutaciones génicas . Diferentes loci génicos responden a radiaciones de una forma diferente como coinciden Hagberg, Gustafsson y Ehrenberg, citados por IAEA, 1977.

2.2.3 Mutación extragénica .

IAEA, 1977, indica que en trabajos genéticos recientes en plantas superiores se muestra concluyentemente que debe existir un tipo de herencia relacionada al citoplasma, y al menos es parcialmente independiente del núcleo, como lo comprueban trabajos hechos con los generos *Mirabilis*, *Cirsium*, *Pelargonium* y *Nicotiana*. En trabajos posteriores, la herencia en musgo y levaduras fue hallada también en algunos casos que es influenciada plasmáticamente . Numerosos datos sobre *Lymantria*, *Drosophila* y *Paramecium* muestran la herencia plasmática por ser también un factor en la herencia animal .

Los tipos citoplásmicos de herencia, pueden ser divididos en dos grupos : Plasmon y Plastidom . La herencia plastidom, está relacionada con las funciones y propiedades de los plástidos. Los plástidos mutados son en general, transferidos de generación a generación en gran medida vía células huevo . Desde que

los plastidos (y mitocondria) contiene DNA (ó RNA), no serán diferentes en principio de aquellos de los genes nucleares.

El fondo bioquímico de la mutación plasmon, por el contrario, no está entendida, según Kappert citado por IAEA, 1977. La mutación plasmon ha sido directamente demostrada por surgir en la experimentación, por ejemplo, la esterilidad masculina en Aquilegia. El RNA ocurre en constituyentes citoplásmicos varios, pero nada se sabe acerca de ciertos constituyentes parecidos a genes o de la mutabilidad del citoplasma.

2.2.4 Mutación de cromosomas.

IAEA, 1977, reporta las mutaciones cromosómicas como cambios en los cromosomas, generalmente, sin la alteración del número cromosómico.

2.2.4.1 Reacomodos estructurales de los cromosomas.

"Cambios en el orden lineal de los genes detectables citológicamente o después de procedimientos genéticos especiales, son comunmente asociados con una ruptura cromosómica. Estos pueden ser divididos en cuatro grupos: Translocaciones, inversiones, duplicaciones y deficiencias". (IAEA, 1977). Dichos cambios se observan en las figuras 1, 2, 3 y 4.

Translocaciones.

"Una translocación es formada cuando ocurre una ruptura en dos cromosomas simultáneamente en un núcleo y los cromosomas rotos se reunen en una nueva forma (Fig. 1), la ruptura del cromosoma y el intercambio son fácilmente inducidos por medio de radiaciones ionizantes o químicos". (IAEA, 1977).

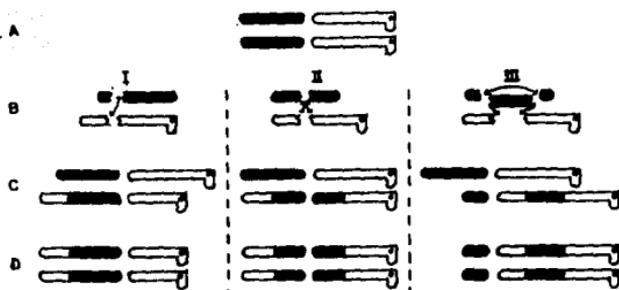


FIG. 1 Formación de translocaciones

(a): Tomado de: "Manual on mutation breeding". IAEA (1977).

Las translocaciones son de dos tipos principales: Intracromosomales ó intercromosomales. En las translocaciones intercromosomales, ha ocurrido una transposición o cambio de un segmento intersticial dentro de un brazo ó de un brazo a su opuesto. Las translocaciones intercromosomales son de tres tipos: Simples, donde sólo un intercambio es realizado y una parte de un cromosoma (un fragmento), es perdido (Fig. 1:I); recíproca, en la cual un intercambio mutuo de segmentos entre no homólogos toma lugar (Fig. 1:II); y transposiciones (cambios), en los cuales, un segmento intersticial es removido y reinsertado en un cromosoma no homólogo (Fig. 1:III). El origen exacto de los intercambios cromosómicos no está completamente entendida. Una hipótesis originalmente dada por Serebrovsky, citado por IAEA, 1977, sostiene que los cromosomas se "fusionan" en uno ó más puntos y, un intercambio de compañeros toma lugar cuando los cromosomas se separan.

"Las translocaciones espontáneas han sido halladas en numerosas especies de animales y plantas". (IAEA, 1977).

Translocaciones homocigóticas en especies diploides están, raramente asociadas con cambios pronunciados en viabilidad y morfología, como indica Nybom, citado por IAEA, 1977. Reacomodos drásticos de cariotipo han mostrado una alta productividad con sólo alteraciones fenotípicas menores. De hecho, la inducción de translocaciones homocigóticas parece ser un buen método de aislamiento de "micromutaciones" que tengan alta productividad.

Inversiones.

Las inversiones surgen como resultado de dos rupturas simultáneas en un cromosoma, un giro de 180° en medio del segmento y una subsecuente reunión en los puntos rotos (Fig. 2), como lo indica IAEA, 1977.

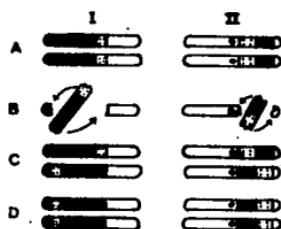


FIG. 2 Formación de Inversiones (8)

Las inversiones son paracéntricas si el centrómero se sitúa hacia fuera del segmento (Fig. 2:I); ó pericéntrica, si se sitúa en el segmento invertido (Fig. 2:II). Las inversiones pericéntricas, con frecuencia dan lugar a cariotipos completamente nuevos. Los heterocigóticos paracéntricos usualmente forman apareamientos de "giro invertido" en la profase de la meiosis. Como resultado de un entrecruzamiento dentro del giro, pueden

aparecer puentes dicéntricos y fragmentos acéntricos en la ana fase I, llevando a la formación de gametos aberrantes.

Una frecuencia reducida de recombinación es esperada. Las inversiones pequeñas pueden ser difíciles de detectar, desde que la meiosis es en dichos casos, casi normal y por lo tanto, no son formados gametos aberrantes.

"Las translocaciones e inversiones han contribuido grandemente a la diferenciación de especies en la naturaleza". (IAEA, 1977).

Duplicaciones.

El significado evolutivo de las duplicaciones, es probablemente no menos importante que la de los dos tipos de mutaciones mencionadas con anterioridad. La duplicación presenta recursos para incrementar el número de genes dentro de la condición diploide. Una diferenciación de los genes duplicados puede entonces llevarse a cabo. En general, existe una cierta proporcionalidad entre la reducción de viabilidad y la longitud del segmento duplicado. Algunas duplicaciones incrementan directamente la viabilidad, como lo señalan Gustafsson y Von Wettstein, citados por IAEA, 1977.

Existen diferentes tipos de duplicación: (a) material cromosómico es transferido entre cromosomas homólogos (Fig. 3:I).

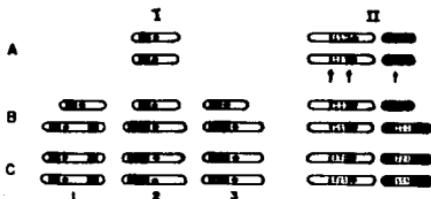


FIG 3. Formación de duplicaciones (a)

Los segmentos duplicados se sitúan en diferentes partes de un cromosoma ó cerca uno de otro. En ambos casos, pueden tener el mismo orden lineal de genes (repeticiones) ó son invertidos (repetición inversa). (b) Material cromosómico es transferido entre cromosomas no homólogos (Fig. 3:II). Los segmentos duplicados segregan independientemente uno de otro, como indica IAEA, 1977.

Deficiencias.

IAEA, 1977, define a la deficiencia (ó una delección), como la pérdida de uno ó más genes (segmentos) en un cromosoma. La pérdida de un segmento de cromosoma puede ser intercalada (Fig. 4:I) ó terminal (Fig. 4:II).

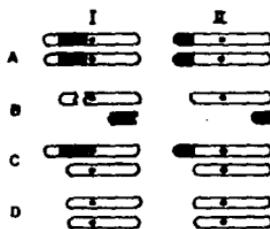


FIG. 4 Formación de deficiencias (a)

"Una deficiencia puede incluir segmentos de variado tamaño, en un cromosoma: Un brazo entero de cromosoma, en el caso de una división errónea del centrómero, un segmento grande de un brazo del cromosoma, hasta el cromómero simple de un cromosoma, ó a genes individuales (bandas sencillas en los cromosomas de las glándulas salivales de *Drosophila*. En algunos casos no son detectables cambios bajo un microscopio, aunque la inhibición de la acción de un gene específico indica la ocurrencia de una pequeña deficiencia. Existen datos que sugieren que parte del

gen (un cistron) puede ser perdido, por ejemplo, después de un entrecruzamiento incruo". (IAEA, 1977).

2.2.5 Mutaciones del genoma.

"La poliploidia implica que uno ó más juegos de cromosomas completos sean adicionados al número cromosómico diploide (en el caso de triploides $2x + x = 3x$, de tetraploides $2x + 2x = 4x$, donde x denota el número básico). La haploidia (de diploidia) ó polihaploidia (de poliploidia), es la condición de los individuos con la mitad del número normal de cromosomas ($2x - x$, $4x - 2x$). La aneuploidia implica que uno ó más cromosomas extra sean añadidos ó sustraídos de un número diploide ó poliploide completo (por ejemplo, $2x + 1$, $2x - 1$, $3x + 1$, $4x + 2$)". (IAEA, 1977).

IAEA, 1977, señala que la poliploidia es común en especies fanerogamas. Las células ó tejidos autopoliploides (autoploides) son formados fácilmente después de un tratamiento con ciertos químicos, tales como colchicina u óxido nitroso ($AA \rightarrow AAA$), y también después de la formación de gametos no reducidos dentro de una especie ($AA \rightarrow AAA$ ó $AAAA$).

Los haploides espontáneos ocurren con poca frecuencia. La aneuploidia aparece en muchas formas: Después de la irradiación en la meiosis, después de productos heterocigóticos de translocación e inversión, en cruza con triploides, como indica IAEA, 1977. Los aneuploides son generalmente no balanceados y, tienen una viabilidad y fertilidad reducida, Así mismo menciona que las especies diploides son usualmente más afectadas en éste aspecto que las especies diploides.

2.3 LAS MUTACIONES INDUCIDAS Y LOS METODOS DE MEJORAMIENTO EN PLANTAS.

"El significado de las mutaciones radica esencialmente en que contribuyen al aumento de la variabilidad, ya sea de los caracteres existentes, o bien por la aparición de otros nuevos. Las mutaciones en si han sido la base genética que ha permitido el éxito de los métodos convencionales de mejoramiento, basados en la recombinación y selección. Al mismo tiempo los complementa, puesto que la inducción de mutaciones es también un nuevo método de mejora". (Trujillo, 1970).

El fenómeno llamado mutación, como lo reporta, De la Loma, 1970, es uno de los más fundamentales. Corresponde al tipo de variación llamado discontinua, conocida desde antaño, aunque sólo hasta épocas recientes se le ha dado la importancia relevante que tiene.

De la Loma, 1970, define la mutación como un cambio manifiesto en una o varias de las características morfológicas o fisiológicas de una especie, aparecido en forma súbita en uno ó un corto número de individuos, y que en general, transmiten éstos a su descendencia. Dicho proceso ocurre en la naturaleza en forma natural. Sin embargo Allard, 1960 y Sosa, 1983, coinciden en que la frecuencia de mutaciones puede ser aumentada mediante la aplicación de agentes mutagénicos.

2.4 MUTACIONES EN CARACTERES CON VARIACION CONTINUA.

2.4.1 Bases genéticas para variación continua.

"Cualquier caracter cuantitativo es el resultado de la acción

conjunta de muchos genes simples, quienes por sustitución individual producen pequeños efectos a nivel fenotípico, y de las influencias ambientales, por ésto se vuelve claro, que cualquier cambio en el ambiente produce diferencias en el fenotipo de un orden similar a los cambios en el juego de genes que cooperan para producir un caracter dado. Usualmente, diferentes genes cooperando para determinar la misma característica, son mantenidos juntos en bloques, entremezclados dentro de los genes que cooperan para influir otras características. Dichos bloques son el resultado de un proceso de selección natural, pero pueden ser rotos por recombinación". (IAEA, 1977).

2.4.2. Metodos para detectar mutaciones inducidas para caracteres cuantitativos.

Como una consecuencia de la peculiaridad de la manifestación fenotípica de caracteres cuantitativos, el único método disponible para detectar la inducción de nueva variación, venida de tratamientos mutagénicos, es la que se dá por comparaciones de medias y varianzas. Sin embargo, Gáñer citado por IAEA, 1977, menciona que la diferencia entre las medias de las poblaciones tratadas y no tratadas, decrece en generaciones subsecuentes.

2.5 PLANTAS PROPAGADAS POR SEMILLA .

2.5.1. Características de herencia simple.

IAEA, 1977, señala que, dichos caracteres son probablemente controlados por un sólo gene sencillo. Por tanto, la elección entre mutaciones inducidas y la transferencia de genes está de terminada en gran medida por la facilidad con que dichos genes puedan ser mutados, comparado con la comodidad con que tales,

pueden ser incorporados a otros genotipos. La inducción de una mutación recesiva es mucho más probable que la inducción de una mutación dominante. Este hecho, más la facilidad de transferencia intraespecífica de un gene dominante por métodos genéticos convencionales favorece el mejoramiento por hibridación, donde la característica deseada se sabe o se presume está condicionada por un gen dominante. En el caso de genes recesivos, la inducción de mutaciones es más apreciable. Si el gene está disponible en un genotipo estrechamente relacionado con el cultivar agrícola, la transferencia del gene por cruza recesiva será favorecido normalmente como el método más apropiado para demostrar su éxito.

Donde exista una carencia de variabilidad para caracteres específicos, las bases para la elección entre mutaciones inducidas y la hibridación son esencialmente las mismas que para las especies autofecundadas.

2.5.2. Caracteres cuantitativamente heredados.

Estas características son predominantes debido, a la interacción de muchos genes, cada uno de los cuales con un pequeño efecto. La eficiencia de la selección de mutantes deseados, es generalmente más baja, que para caracteres que son controlados por un sólo gen, pero éste es compensado grandemente por el incremento en la frecuencia de los mutantes resultantes de un número más grande de genes involucrados. No hay duda de que la variación útil puede ser inducida, y si una selección adecuada es puesta en práctica, genotipos mejorados pueden ser obtenidos según Gregory, citado por IAEA, 1977. Debe tomarse en cuenta el precio a pagar, en cuanto a la alteración del genotipo

para decidir si deben usarse las mutaciones u otro método convencional.

En general, las mutaciones inducidas ofrecen mayores perspectivas para el mejoramiento de especies de polinización cruzada, que para las especies autofecundadas. Esto es en parte debido a la dificultad de selección, incorporación y mantenimiento de las mutaciones recesivas en dichas poblaciones y en parte porque los problemas de mejoramiento de plantas en especies de polinización cruzada, son muchas veces problemas de manejo de la variabilidad existente y más bien, que por la carencia de variabilidad per se. Sin embargo Sigurbjornson y Nüske, citado por IAEA, 1977, en experimentos exitosos en el mejoramiento de plantas, han obtenido buenos resultados con especies de polinización cruzada, expuestas a agentes mutagénicos.

2.5.3. Las mutaciones en el mejoramiento por cruce.

Cuando los mutantes son usados como una fuente de material progenitor en hibridación ordinaria de variedades comerciales, los métodos usados son los mismos como en el mejoramiento convencional de plantas, como lo menciona IAEA, 1977.

"Para la introducción de un carácter deseado hacia una variedad, puede ser mucho más fácil usar un mutante con una información genética adaptada que, transferir el carácter de un tipo relativamente silvestre de las especies cultivadas o de una variedad no adaptada. Este carácter puede ser transferido fácilmente hacia cualquier variedad con información genética similar". (IAEA, 1977).

Gaul, citado por IAEA, 1977, menciona que, cuando dos mutantes

de la misma variedad homocigótica progenitora (diferiendo sólo con respecto a dos genes mutantes), son cruzados, sólo muy pocas plantas F_2 se necesitan debido a sus genotipos similares generalmente, excepto para dos genes mutantes. Algunas evidencias muestran, sin embargo, que el entrecruzamiento de mutantes puede dar una nueva variación transgresiva.

Algunos investigadores han usado el tratamiento mutagénico en combinación con hibridación para incrementar la variabilidad y, ampliar las bases para la selección, según lo reporta IAEA, 1977.

"El mejoramiento por cruza con especies silvestres o formas cultivadas para transferir alelos dominantes, es a menudo, un procedimiento preferible, el cual puede ser seguido a una inducción de mutaciones para mejorar al híbrido en otra característica deseada". (IAEA, 1977).

Por otra parte Scholz, 1976, indica que en un pasado reciente, un perceptible número de variedades no ha sido desarrollado con la utilización directa de mutantes, pero si empleando mutantes en mejoramiento por cruza.

Muchas variedades mejoradas han sido desarrolladas por multiplicación directa de mutantes inducidos en varias plantas, por irradiación ó mutágenos químicos y, están siendo usados en la producción agrícola y hortícola. Algunos especialistas en mutación, enfatizaron hace muchos años que los mutantes inducidos, pueden ser todavía más eficientes si son usados en cruza-mientos ó, como material básico en distintos proyectos de mejoradores de plantas están usando mutantes inducidos en el mejoramiento por cruza. Esta tendencia es promovida porque es po-

sible esperar resultados más favorables en dichos programas que, la utilización directa de mutantes.

2.6 PLANTAS PROPAGADAS VEGETATIVAMENTE .

2.6.1. Aspectos generales .

"Las plantas propagadas vegetativamente presentan problemas y perspectivas muy diferentes a las de aquellas plantas propagadas por semillas, considerando la inducción artificial de mutaciones y su uso para el propósito de mejoramiento de plantas. Aún en lo concerniente a los procedimientos convencionales de mejoramiento de plantas, las propagadas vegetativamente y las propagadas por semilla difieren de muchas formas, la razón principal de éste hecho viene siendo el modo diferente de reproducción". (Nybom y Koch, 1965).

Como mencionan Sigurbjornson y Mücke, citado por IAEA, 1977, las especies propagadas vegetativamente caen dentro de dos categorías principales. La primera, es para aquellas que son capaces de tener reproducción sexual, pero comercialmente son propagadas vegetativamente, entre ellas, muchas especies florícolas y hortícolas. Por ejemplo, gerberas, estas especies son por lo general altamente heterocigóticas, y a menudo poliploides ó aneuploides. La variabilidad generada por cruzamiento es tan grande, que hay poca oportunidad de seleccionar los tipos mejorados entre las plántulas de la progenie y al mismo tiempo, retener las características generales de la variedad original. El mejoramiento de plantas ha dependido en gran medida de mutaciones que ocurren naturalmente (spont). Por consiguiente, las técnicas que incrementan la frecuencia de las mutaciones serán de gran valor. Esto está resultando ya así, y

un número de nuevas variedades florícolas se han producido como resultado de la inducción de mutaciones, han sido liberadas.

La naturaliza en gran parte deleterea (delección), de las mutaciones y los efectos detrimentales de las mutaciones que ocurren en el resto del genotipo, son compensadas en un grado considerable en especies florícolas, como lo menciona IAEA, 1977, donde la novedad es de valor por sí misma y el rendimiento no es tan importante como lo es en especies agrícolas.

Muchas plantas propagadas vegetativamente, tienen más bien una larga fase vegetativa antes de estar listas para la reproducción sexual. Esto hace al mejoramiento por cruza muy tardado. Además, la incompatibilidad y otras barreras para la cruce, como la apomixis y esterilidad existente, con frecuencia impiden al mejorador de plantas hacer uso del mejoramiento por cruce.

Broertjes, 1969, coincide con IAEA, 1977, en el sentido de que la inducción de mutación en plantas propagadas vegetativamente, comparado con los métodos de mejoramiento por cruza es la mejor opción por su capacidad de cambiar sólo una ó varias características de una variedad sin alteración significativa del restante patrón del genotipo.

La segunda categoría que menciona Sigurbjorson y Mücke, citados por IAEA, 1977, en especies propagadas vegetativamente, son los apomicticos. Obviamente la inducción de mutaciones es el único medio para la producción de variabilidad genética, en cultivos de plantas estériles, plantas propagadas vegetativamente y en apomicticos obligados. Los tratamientos mutagénicos pueden además, ser útiles para romper la apomixis y vencer la autoesterilidad y las barreras para la cruce, también para re-

velar y reacomodar quimeras, generando variabilidad tan grande como no puede ocurrir en la hibridación somática, hecho que corrobora Broertjes, 1968.

"Las mutaciones inducidas son ampliamente usadas ahora, en el mejoramiento comercial de plantas ornamentales. Cualquiera surgimiento de color inducido, puede ser usado directamente, propagado por esquejes sin un mejoramiento adicional". (Bowen, 1965.).

La principal ventaja de la inducción de mutaciones en las plantas propagadas vegetativamente, es la capacidad de cambiar uno ó pocos caracteres de una variedad sobresaliente, sin la alteración del resto del genotipo, según Broertjes citado por IAEA, 1977.

A través de la propagación vegetativa, el mutante individual puede formar el clón comercial. En cultivos que nunca dan semilla como berenjena, naranjo, plátano, piña y algunas variedades de manzana y pera reportados por Weier, 1980, el método de mutaciones inducidas ofrece la única forma alternativa de mejoramiento. Nybom y Koch, 1965, indican que todo esto se considera para los métodos especiales, tanto para la inducción y aislamiento entre las plantas vegetativamente propagadas. La propagación y utilización de estas mutaciones en la industria vegetal, aún las características genéticas y anatómicas de las mutaciones involucradas difieren en varias formas.

2.6.2. Consideraciones genéticas.

"Las mutaciones inducidas y las formas estables con verdadero mejoramiento en plantas propagadas por semilla, parece que de-

penden de la producción de "nuevos alelos recesivos". Estudian do la primera generación después del tratamiento de homocigoti cos autofecundados como avena y trigo, revelan raramente del todo algún cambio mutacional".(Nybom y Koch, 1965).

IAEA, 1977, menciona que, la mayoría de las mutaciones se com portan con relativa recesividad al alelo original, ya sea que fueran mutaciones verdaderas o deleciones. Esto restringe las posibilidades de mejoramiento por mutación: si el caracter deseado depende de la presencia de genes dominantes, la irradiación de variedades con alelos recesivos para está caracterís tica, será poco promisoria.

Para los cambios que son detectados a nivel de locus, es evi dente que la heterocigocidad es practicamente un prerequisite. Así, la esperanza de la inducción de nuevos caracteres recesi vos, y el fracaso de dichas mutaciones para expresarse a menos que se encuentre en condición homocigotica, son compensadas en gran medida por la heterocigocidad de las variedades, como lo indican Allard, 1960; Broertjes, 1965 y Nybom y Koch, 1965.

Otro problema importante es que si el cultivar que uno planea mejorar es heterocigotico u homocigotico (dominante) para el caracter(s) en cuestión. En el último caso, muy pocas de las mutaciones inducidas serán recuperadas. Afortunadamente muchas de las plantas propagadas vegetativamente, son con frecuencia, altamente heterocigóticas, como lo indican Allard, 1960 y Nybom y Koch, 1965.

"Existen casos entre las plantas propagadas vegetativamente, donde los cambios espontáneos tanto recesivos como dominantes, se han convertido en factores simples de mutación, los cuales

pueden ser usados en mejoramiento ordinario por cruzamiento". (Nybom y Koch, 1965).

En los Cuadros 1 y 2; se enlistan varias alternativas de cambios genéticos esperados después de un tratamiento mutagénico.

Cuadro 1. Efectos del tratamiento mutagénico a nivel de locus.

Genotipo original	Genotipo resultante	Tipo de cambio	Efecto fenotípico probable	Probabilidad de ocurrencia
A A	A -	Pérdida	Ninguno ó débil	Alta
A A	A a	Mut. rec	Ninguno ó débil	Rel. baja.
A a	A -	Pérdida	Ninguno ó débil	Alta
A a	a -	Pérdida	Fuerte	Alta
A a	a a	Mut. rec	Rel. fuerte	Rel. baja
A a	A A	Mut. dom	Ninguno ó débil	Muy baja
a a	a -	Pérdida	Ninguno ó débil	Alta
a a	A a	Mut. dom	Rel. fuerte	Muy baja

Cuadro 2. Cambios estructurales resultantes de tratamientos mutagénicos.

Tipo de cambio	Efecto fenotípico probable y viabilidad.
Translocaciones	Efecto muy débil ó nulo, viabilidad normal
Inversiones	Efecto muy débil ó nulo, viabilidad normal
Delecciones	Efecto fuerte, viabilidad que fluctúa de normal a mucho muy reducida.
Duplicaciones	Efecto relativamente fuerte, viabilidad relativamente normal.
Otros cambios más complejos.	Efectos variables, viabilidad variable.

Tomado de: "Induced mutations and breeding methods in vegetatively propagated plants". (Nybom y Koch, 1965).

2.6.3. Características anatómicas.

"Consideraciones anatómicas pueden indicar el estado más adecuado para la irradiación, haciendo que grandes sectores del tejido mutado sean obtenidos, de los cuales un máximo número de mutantes puedan ser recuperados. El primordio que ha sido usado para el tratamiento, deberá consistir de tan pocas células como sea posible". (IAEA, 1977).

Un importante número de plantas hortícolas y agrícolas, tales como árboles frutales, patatas y ornamentales son propagadas vegetativamente. Y como en el crecimiento vegetativo de un clón se efectúan miles de millones de divisiones celulares, ello propicia algún tipo de cambio. Además, la posibilidad parece incrementarse cuando los genotipos son muy heterocigóticos, o bien híbridos complejos, como en el caso de gerbera.

La exposición del material vegetal a rayos X ó gamma, permite desarrollar características nuevas en plantas cultivadas. Sin embargo, éstos cambios sólo pueden distinguirse si las células mutadas llegan a desarrollarse en los puntos de crecimiento. Si el cambio se efectúa en características externas tales como, color, tamaño, ó habito de crecimiento, es casi seguro que se descubra.

"Una mutación es un suceso ó un evento unicelular". (Broertjes, 1965).

"Los ápices multicelulares generalmente, consisten de un número de grupos de capas de células, con suficiente autonomía". (IAEA, 1977).

Estas capas son: L₁ (epidermis), capa exterior que produce la

epidermis de la planta y contiene de una a varias capas de espesor. La capa siguiente, L_2 (Subepidermis más 0 - 3 capas de células) produce parte del cilindro vascular, las células reproductivas de las anteras y los ovulos. Y la L_3 ((el resto)), da origen a la corteza interna, al cilindro vascular y a la médula, como se observan en la Figura 5.

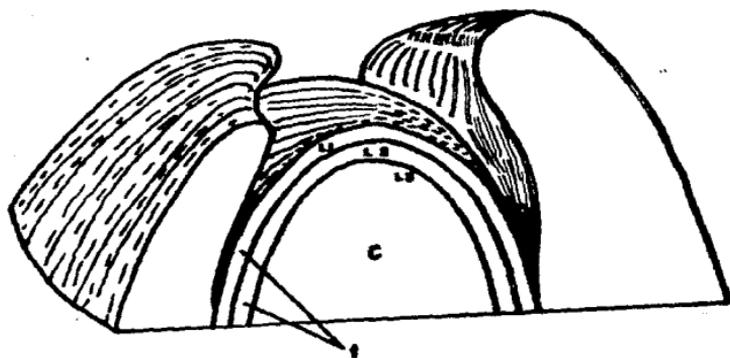


Figura 5. Organización apical de un brote. De acuerdo con la teoría de la túnica-carpus, t: túnica (una o varias capas de células), comprendiendo L_1 y L_2 ; c: carpus (masa interna de células meristemáticas), L_3 ó al resto.

Tomado de: "histología vegetal básica", (Cortéz, 1980).

El desarrollo de quimeras está relacionado, con la dirección de la división de las células. Por lo cual, se tienen los siguientes tipos de desarrollo:

Si en el meristemo, una célula se divide ya sea en ángulo recto respecto a la superficie externa (anticlinalmente), ó paralela a esa superficie (periclinalmente). Las células en L_1

por lo general, se dividen de modo anticlinal, resultando una capa exterior de células distintas y más ó menos estables. Las células de la L_2 con más frecuencia se dividen anticlinalmente, cerca del ápice, pero lo hacen más ó menos al azar, al alejarse de ese punto. Las células de L_3 se dividen en ambas direcciones. Algunas veces una célula producida en una de éstas 3 zonas puede ser desplazada a una zona adyacente, como lo mencionan Hartman y Kester, 1980.

Otra consideración a tomarse en cuenta, es que la localización de las yemas laterales, afecta de modo directo el desarrollo de las quimeras. Con base a lo anterior Hartman y Kester, 1980, citan los siguientes tipos de quimeras.

Quimeras sectoriales

En éste tipo, el punto de crecimiento del vástago está formado por dos tejidos genéticamente diferentes; situados lado a lado y que ocupan sectores distintos del tallo. Este tipo no es común en tallo, pero lo es en las raíces. Es inestable y con el crecimiento continuado, las diversas partes de la planta se desarrollan, ya sea en forma normal, como parte mutada, ó bien, como quimera periclinal.

Quimeras periclinales

En éste tipo, el tejido de una composición genética se presenta como una "piel" relativamente delgada, con espesor de una ó varias capas de células, de tipo genético diferente. Este es el tipo de quimera más común y estable.

Quimeras mericlinales

Es similar a la quimera periclinal, excepto que la capa externa de tejido diferente no se extiende por completo alrededor

del vástago, ocupando sólo un sector de la circunferencia. Este tipo de quimera es una de las que ocurren con más frecuencia en la naturaleza, ya que la mutación de una sola célula en el punto de crecimiento puede producir éste tipo. Sin embargo, no es permanente con la propagación asexual, bien cambia a una quimera periclinal, ó vuelve a un brote no quimérico. Una yema lateral que salga de la porción quimérica se convierte en una quimera periclinal, mientras que yemas laterales de la parte normal producen brotes normales. Sólo en los brotes que salen del punto terminal del crecimiento de las ramas laterales de los bordes de la porción mutada continúan manteniendo la quimera mericlinal.

Así la formación de quimeras en la mayoría de los casos resulta en quimeras mericlinales (sectoriales), las cuales sólo posteriormente desarrollan ramas o brotes periclinales. Las oportunidades de una sola célula mutada de desarrollarse dentro de un sector ó capa y manifestarse por sí misma, depende de su posición dentro del ápice, también como de la tasa de crecimiento comparada con la de las células (no mutadas), que la circundan, como coinciden Broertjes, 1965 e IAEA, 1977.

"Una célula mutada no puede expresarse por sí misma, por que pierde la competitividad dentro de la capa de células donde se ubica (selección diplóntica), ó no toma parte en la formación de un brote ó no ha sido inducida en la capa celular apropiada (una mutación para color de flor en L₃, por ejemplo), es imposible seleccionar tejidos de una quimera para caracteres que no son visibles directamente durante la etapa "sectorial". Además, la selección diplóntica está restringida a la etapa muy inicial de la formación de la yema". (Broertjes, 1965).

IAEA, 1977. indica que los tejidos mutados y los no mutados pueden interactuar fisiológicamente, así que un carácter mutado de un sector puede ser "enmascarado". Por lo tanto, el material tratado con mutágeno tiene que ser propagado para permitir la formación de quimeras periclinales, antes de que la selección pueda ser aplicada. Pero aún los sectores con caracteres directamente visibles, son en algunas ocasiones fácilmente pasados por alto, y si se encuentran todavía pueden ser perdidos cuando son demasiado pequeños y no toman parte en la formación de una yema.

Nybohm y Koch, 1965. mencionan que las capas exteriores de células de plantas vegetativamente propagadas, poseen un cierto grado de individualidad. Los cambios espontáneos en muchos casos han sido propagados como quimeras periclinales. El número de capas de células autónomas, es en cierto modo, diferente en diversas plantas; usualmente con 2 ó 3 pero, en ciertos casos arriba de 4 ó 5.

Las consecuencias de la estructura anatómica para el desarrollo de tejido mutado, han sido discutidas por Dommergues, citado por Nybohm y Koch, 1965. quien puntualiza que las condiciones para el crecimiento de una célula mutada espontáneamente, pueden ser completamente diferentes a la de aquellas células del tejido irradiado.

Antes de que el tejido forme una capa periclinal constante durante el crecimiento y propagación clonal presentará ó mostrará una distribución sectorial (ó mericlinal) en el brote que se desarrolla de la yema tratada.

"Ha sido experimentado por algunos investigadores que los te-

jidos mutados serán principalmente mutados en las yemas basales de los brotes primarios. Muchas mutaciones son perdidas pues como éstas yemas en las plantas con dominancia apical, a menudo se niegan a brotar y crecer". (Nybom y Koch, 1965).

Mehlquist y Sagawa, citados por Nybom y Koch, 1965. han indicado algunas de las posibilidades únicas, ofrecidas por la estructura quimérica de mutantes propagados vegetativamente. Puede ser posible combinar tejidos por separado que contribuyen con diferentes caracteres, como vigor y calidad ornamental, al clón final. Y puede ser no siempre posible, combinar tales caracteres en el mismo fenotipo. La multitud de posibles expresiones fenotípicas se incrementa no sólo por la combinación de tejidos con diferente genotipo, sino también a través de la interacción bioquímica entre tejidos.

Las apariencias de las mutaciones en la forma de quimeras sectoriales las hace naturalmente más difíciles de detectar especialmente las menos drásticas y, por tanto, más interesantes.

Aunque existe una constitución periclinal en algunas mutaciones somáticas puede hacerse un uso deliberado en casos particulares, también implica algunos riesgos evidentes, uno de ellos puede ser la inestabilidad.

Existen mutaciones espontáneas, por ejemplo, en manzanas las cuales pueden no ser recomendadas sólo por que no sean lo bastante estables y se han encontrado problemas similares en el caso de algunas mutaciones inducidas, como lo menciona Nybom y Koch, 1965.

Broertjes, 1969. e IAEA, 1977. consideran que existen razones para suponer que los propágulos adventicios de hojas, segmen-

tos de hojas (cuadros piezas y puntas), y segmentos de peciolo, se originan de una sólo célula (epidérmica). Este puede ser también el caso de cuando se usan cortes de piel ó segmentos de piel ó segmentos de tallo floral. En otros casos, yemas mutantes "enteras", pueden desarrollarse sólo dándoles la oportunidad cuando las yemas se originan de unas pocas células, todas las células pueden ser originadas de tejido no mutado (produciendo una plántula normal), tejido mutado (produciendo un mutante "entero"), ó de ambos (produciendo una quimera).

IAEA, 1977. reporta que en plántulas, la formación de quimeras es esperada debido a la naturaleza multicelular de los tejidos tratados.

2.7. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL MATERIAL VEGETAL EN RELACION CON EL TRATAMIENTO MUTAGENICO.

2.7.1. Material vegetal para el tratamiento.

Las partes apropiadas de las especies vegetales en cuestión deben ser escogidas. En la mayoría de los casos, según Broertjes, citado por IAEA, 1977. parece preferible el uso de varios propágulos, comúnmente usados en las prácticas de producción comercial de plantas. Ellos pueden consistir de varios tipos de tubérculos, bulbos ó cormos, en estacas en dormancia ó vástagos, estacas enraizadas ó plantas en crecimiento, esquejes, injertos, estolones, rizomas, yema de madera y otros órganos similares por los cuales la planta en cuestión es más fácilmente propagada. Algunos ejemplos de éstas partes en trabajos con radiaciones se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Material vegetal y dosis de radiación adecuada, usados para la inducción de mutaciones somáticas en plantas propagadas vegetativamente.

Especies	Material vegetal tratado	Dosis
I. Ornamentales		
Chrysanthemum	Esquejes enraizados	1500 - 2000 r.
Cosmos	Esquejes enraizados	2000 r.
Dahlia	Tubérculos recientemente cosechados	1500 - 2500 r.
Dianthus	Esquejes enraizados	4000 - 6000 r.
Gladiolus	Cormos latentes (2n)	4000 r.
Iris	Cormos recientemente cosechados.	1000 r.
Saintpaulia	Hojas separadas	3000 - 4000 r.
Tulipa	Bulbos latentes directamente después de cosechar	300 - 500 r.
II. Cultivos frutales		
Manzana	Injertos	3000 - 4000 r.
Zarzamora	Plantas jóvenes en latencia.	6000 - 8000 r.
Vid	Yemas latentes	1000 - 3000 r.
Naranja	Vástagos latentes	5000 r.
Duraznos	Yemas de verano	1000 - 4000 r.
Fresa	Estolón y corona	15000 r.
III. Otras plantas de cultivo		
Cacao	Yemas	1000 - 2000 r.
Papa	Partes de tubérculo latente	2000 - 3000 r.
Caña de azúcar	Yemas	2000 - 6000 r.

Tomado de: "Induced mutant techniques in breeding asexually propagated plants". (IAEA, 1977).

Aunque Nybom y Koch, 1965. consideran que la posibilidad de irradiar semillas (especialmente plantas reproducidas apomicticamente), y de granos de polen deben ser tenidos en mente.

Para estudios metodológicos, puede resultar provechosa la irradiación de semillas aún de plantas vegetativamente propagadas o de plantas relacionadas con ellas según Stevekardt y Lizuka Eikeda, citado por Nybom y Koch, 1965.

El tratamiento será limitado a las yemas ó a partes de la planta de las cuales, las mutaciones sean aisladas posteriormente, como mencionan Nybom y Koch, 1965. Así mismo, las raíces y las partes que forman raíces ó forman un crecimiento en unión con el origen de la raíz, pueden ser protegidas. Después del tratamiento es importante dar al material las mejores condiciones posibles para su crecimiento y desarrollo.

IAEA, 1977 menciona que, en *Dhalia* mutantes, "enteros" pueden ser obtenidos por la irradiación de tuberculos, directamente después de la cosecha, cuando las yemas no son visibles y están en un desarrollo muy temprano. En *Alstroemeria*, casi todos los mutantes son "enteros" cuando son irradiadas plantulas jóvenes en crecimiento según Broertjes y Verbuom, citados por IAEA, 1977.

Particularmente, se han realizado trabajos de irradiación de gerbera en cultivos in vitro como los realizados por Dubec - Lebreux, 1987, donde obtuvieron buenos resultados en la obtención de mutantes enteros.

La decisión será hecha por el investigador, en lo concerniente a las partes más apropiadas de la planta ó etapa a la exposición, y requiere de un conocimiento completo del organismo y

de los objetivos claros del mejoramiento genético, como lo indica IAEA, 1977.

2.7.2. Época para tratamiento.

"Existen varios puntos de vista para la época más apropiada para el tratamiento. Usualmente, el material y su manejo subsecuente hacen que un tratamiento al inicio del periodo vegetativo sea más conveniente y adecuado. Un tratamiento justo al inicio de la brotación o al hincharse las yemas, generalmente parece ser preferido, comparado con tratamiento de material con dormancia profunda ó en estadios avanzados". (Nybom y Koch, 1965).

Pero es también necesario considerar la estructura anatómica de las plantas y el estadio de desarrollo del primordio que ha sido tratado. La irradiación deberá ser llevada a cabo en un estadio tal que el primordio en cuestión consista relativamente de pocas células no diferenciadas, como menciona Nybom y Koch, 1965. Aunque también mencionan que no necesariamente coinciden el primordio en crecimiento y el inicio del periodo vegetativo. Ya que entonces las yemas pueden estar ya formadas y pueden ser completamente complicadas en su estructura.

"Una época más adecuada puede ser justo en el desarrollo de nuevas yemas, en la mitad del verano. En plantas en desarrollo vegetativo un buen hábito parece ser el usado por Bowen y sus colaboradores, esto es efectuar el tratamiento después de tener el brote principal decapitado". (Nybom y Koch, 1965).

2.7.3. La técnica del manejo del material.

La detección de mutaciones inducidas puede presentar dificul-

tades considerables, especialmente tan grandes como la variabilidad, que se modifica después del efecto del tratamiento. También los sectores mutados son a menudo muy pequeños como para ser fácilmente detectados como reportan Broertjes, 1965 y Nybom y Koch, 1965 .

Aún si las mutaciones son detectadas, ellas son fácilmente perdidas otra vez, por que aparecen en partes de la planta que no son adecuadas, por ejemplo en frutos, donde no se desarrollan en un crecimiento adicional.

Nybom y Koch, 1965 citan que, especialmente plantas con dominancia apical, con excepciones extremadamente raras, desarrollarán fácilmente individuos completamente normales.

La técnica resumida por Swintzcher, citado por Nybom y Koch, 1965 parece ser generalmente ahora, aplicada en Alemania y Suecia. Su rasgo más importante, es la decapitación de los brotes primarios. Ya que con esto se forzará a las nuevas yemas a desarrollarse mediante una regeneración y, por esto se incrementa la oportunidad de recuperación de un gran número de mutantes. Esta técnica de aislamiento tiene algunas ventajas. Las nuevas plantas que se originaron de éstas yemas pueden ser llamadas M_2 , que serán más uniformes que el original M_1 .

De igual modo Nybom y Koch, 1965 afirman que. en plantas que son de fácil enraizamiento, como crisantemo, grosella negra y otros, los brotes primarios pueden ser podados y decapitados tan pronto como unas pocas hojas hayan aparecido, forzando así al pinchamiento de las yemas basales. Las porciones removidas estarán enraizadas tan pronto como un nuevo crecimiento se haya desarrollado, forzando así a las yemas basales para romper-

se y que nuevas decapitaciones puedan ser hechas, tanto en los nuevos brotes del tronco y en las puntas enraizadas. De esta forma, el tejido tratado es rápidamente expandido y las plantas resultantes se vuelven más o menos homogéneas para posibles cambios, ya al final del primer periodo vegetativo.

Existe un grupo de plantas que pueden ser tratadas de otra manera, aquellas con dominancia basal. En éstas plantas las yemas basales comienzan primero a dar origen a la siguiente generación de brotes y no las yemas apicales, como es lo más común. En este caso, los nuevos brotes automáticamente comenzarán en aquellos sectores donde los puntos mutados están concentrados, por tanto, no sería necesario podar ni aislar artificialmente las yemas.

2.7.4. Agente mutagénico

Algunos autores como Bowen y Nybom, citados por IAEA, 1977. señalan que las radiaciones son más comunmente usadas con los cultivos propagados vegetativamente. Y existen varias fuentes de radiación como se aprecia en el Cuadro 4.

Los mutagenos químicos, han dado resultados desalentadores sobre plantas completas por su pobre aprovechamiento y su poca penetración. Particularmente materiales voluminosos, como bulbos, estolones, vástagos para injerto, plantas enteras, que son difíciles de tratar de manera reproducible con químicos a menos que una técnica particular sea desarrollada (tal como cultivo in vitro).

"Los procedimientos son más bien simples con buena repetibilidad y una alta frecuencia de mutación. Todos los tipos de radiaciones ionizantes son efectivos; en la práctica, sin embar-

go, ésto es sólo posible cuando una máquina de rayos X ó una fuente gamma está disponible". (IAEA, 1977).

Por otra parte Broertjes, citado por Sosa, 1983. señala que son las plantas de reproducción asexual (vegetativa), las que han respondido más favorablemente ante la aplicación de ésta técnica, seguida por aquellas que se consideran autógamas y por último, de aquellas que se consideran alógamas.

Cuadro 4. Fuentes de radiación.

-
1. Rayos X. Son radiaciones de menor longitud de onda, tienen más poder de penetración y son menos ionizantes que las de onda larga.
 2. Rayos gamma. Son radiaciones electromagnéticas con alta cantidad de energía por fotón producido con el uso de radioisótopos y reactores nucleares. Fuentes: Co^{60} y Ce^{137} .
 3. Rayos Beta. Estos electrones son emitidos por radioisótopos tales como ^{32}P , ^{35}S y ^{14}C . El material vegetativo puede ser expuesto a las radiaciones ó en solución.
 4. Neutrones. Estos son producto de la fisión nuclear con ^{235}U en un reactor nuclear. Neutrones rápidos son los que tienen alta energía y se emiten del reactor. Neutrones térmicos son de menor energía y son producidos al reducir la energía de los neutrones rápidos.
 5. Rayos ultravioleta. Son radiaciones electromagnéticas de muy bajo poder de penetración; en el espectro ocupan la posición intermedia entre las ondas de luz violeta visible (más largas) y las de rayos X (más cortas). Esta se usa primeramente para tratar granos de polen, debido a su baja penetrabilidad en los tejidos.
-

Tomado de: "Técnicas de mejoramiento de plantas". (Gómez, 1989a).

Forma de acción de las radiaciones ionizantes.

Aunque los rayos X y los gamma son ondas electromagnéticas y las radiaciones alfa y beta son partículas subatómicas, sus efectos químicos y biológicos son muy similares.

Son todavía muy escasos los conocimientos acerca de las formas en que las radiaciones pueden causar daño genético, pero es posible que puedan alterar la estructura de los cromosomas de dos maneras: directamente, por la cantidad de energía que golpea al cromosoma, más bien como una bala pegando en un blanco; e indirectamente, por ionización, la cual produce cambios químicos en la célula, que a su vez causan anomalías cuando se están replicando los cromosomas. En general, las células que se están dividiendo son mucho más sensibles a la radiación que las que no se encuentran en división.

Los efectos genéticos de las radiaciones ionizantes se han estudiado en una gran variedad de organismos y han conducido a varias conclusiones importantes. Primera y quizá la más importante, es que las radiaciones ionizantes inducen tanto mutaciones génicas, como rupturas cromosómicas y que la frecuencia de cada una de éstas aberraciones es directamente proporcional a la dosis, como lo mencionan Smith y Keary, 1982.

2.7.5. Dosis y valor de la dosis.

Dos tipos de tratamiento de irradiación pueden ser usados en el mejoramiento de plantas, según Nybom y Koch, 1965. Ésto es dosis agudas y tratamientos crónicos. En prácticas intermedias, el valor de la dosis con tratamiento por arriba de algunas horas ó pocos días, son a menudo más convenientes. Esta puede ser llamada semi-aguda.

Experimentos con plantas propagadas por semilla no han indicado a algún avance mayor de tratamientos crónicos, comparados con los más convenientes tratamientos agudos y/o semiagudos.

Los resultados de Sparrow y sus colaboradores presentan consistentemente, que los tratamientos agudos dan frecuencias mayores de cambios somáticos. Sin embargo, Kawara, citado por Nybom y Koch, 1965. mencionan que las plantas pueden resistir dosis totales considerablemente más altas bajo tratamientos crónicos que cuando son tratadas con dosis de valor alto. Aún los tratamientos semiagudos, comparados con un agudo, pueden incrementar marcadamente la dosis tolerada.

La intensidad de las fuentes de irradiación tendrán un interés especial para tratar plantas en ciertos estados de desarrollo. Los resultados de Schwemmler y Robelen, reportados por Nybom y Koch, 1965. indican que la radiación en plantas en desarrollo puede llevar a mutaciones que no ocurren después de la irradiación de semillas. Así mismo, la determinación y aplicación de la dosis adecuada, debe ser considerada como de primera importancia.

Muchos factores están involucrados en la radiosensibilidad y en la dosimetría, así que es difícil dar recomendaciones normales. La mejor práctica, por tanto, es la empírica: para tratar una serie de dosis óptimas esperadas. Esto deberá ser hecho tan cuidadosamente como sea posible, para asegurar la capacidad reproductiva del tratamiento. En el Cuadro 3, se mencionan algunas dosis usadas para ciertos cultivos y diferentes tipos de material vegetativo.

"Existen amplias diferencias en la radiosensibilidad en varias

partes de la planta; la reacción de un tipo dado de célula a la radiación, depende de condiciones fisiológicas en la época de radiación, también de condiciones pre y post-radiación". (IAEA, 1977).

Los factores importantes en la modificación de la radiosensibilidad de semillas no son los mismos necesariamente para aquellos tejidos de plantas en crecimiento activo, como lo reporta IAEA, 1977, por ejemplo, dos factores muy importantes para la irradiación de semilla son el oxígeno y el contenido de agua; mientras que para tejidos activos los factores tales como etapa de desarrollo incluyendo la relación de síntesis de DNA y el valor de la dosis, son probablemente más importantes. Factores tales como los volúmenes nucleares y de interfase cromosómica, son importantes tanto para tejidos en reposo como para activos.

La frecuencia de mutaciones se incrementa con el incremento de dosis, linealmente con los rayos X y gamma y más exponencialmente con los neutrones, pero la capacidad de sobrevivencia y regeneración decrece con el incremento de dosis. Por tanto, uno debe elegir entre una dosis baja con porcentaje alto de sobrevivencia pero con baja frecuencia de mutación, y una dosis alta con alta frecuencia de mutaciones pero con baja sobrevivencia.

Cual nivel de dosis será ó puede ser aplicado, depende del cultivo, el tipo de propagación adecuada, el número de plantas que puede ser manejado y el método de selección (en manta, donde grandes números fueron irradiados las dosis relativamente altas fueron preferidas, según Murray, citado por IAEA, 1977).

en general, parece mejor empezar con dosis moderadas que permitan buen desarrollo y propagación del material.

"Algunos autores recalcan la importancia de no retardar las plantas demasiado por dosis altas, mientras otros autores recomiendan el uso de dosis tan altas como sea posible. El resultado de un tratamiento depende de factores internos y externos, los cuales deben ser mantenidos bajo control. Entre otras cosas, el efecto de la radiación se agrava a bajas temperaturas, tanto durante la irradiación como después de la misma". (Nybom y Koch, 1965).

2.7.6. Dificultades e inconveniencias en trabajos con mutaciones.

Existen algunas dificultades las cuales pueden causar problemas considerables en los trabajos de mejoramiento por mutación.

Una fuente de error que es particularmente problemática, como mencionan, Nybom y Koch, 1965 en el caso de plantas propagadas vegetativamente, son las enfermedades virósicas. Por que es un hecho bien conocido que los virus a menudo copien el efecto de genes nucleares (complejos en virus especiales, con frecuencia dan origen a nuevos síntomas de un modo complementario), que dan fácilmente la impresión de mutaciones inducidas. La distribución heterocigótica, algunas veces, de los virus en las plantas simulando una constitución quimérica, también contribuyen a ésta impresión. A menos que el material inicial esté suficientemente libre de virus, no deberá ser usado en programas de mejoramiento por mutación.

Otra dificultad que es común a todos los trabajos de mejoramiento genético, que tarde o temprano atacará por así decirlo

a todos los mejoradores, es la contaminación con otras variedades .

2.7.7. Algunas consideraciones metodológicas.

Algunos autores demostraron la importancia de un genotipo particular para el rendimiento de mutaciones, como lo mencionan Nybom y Koch, 1965.

En el caso del material de crisantemo de Bowen, 1965. parece que la constitución cromosómica especial, es necesaria para que ocurran ciertas mutaciones.

"Así podemos esperar que ciertas mutaciones deseadas ocurran solo en algunos genotipos ó cultivares". (Nybom y Koch, 1965).

Bowen, 1965 demostró también que la frecuencia de mutación y el espectro dependen del color de la variedad irradiada. Los crisantemos de floración rosa dan muchos tipos de color mientras que, las variedades de color de flor amarilla dan pocos tipos.

2.7.8. El costo del mejoramiento por mutación.

IAEA, 1977 señala que, una mala concepción muy común, acerca de las mutaciones inducidas es que ocurren sin alteración en el resto del genotipo. La consideración del efecto de los tratamientos mutagénicos sobre caracteres cuantitativamente heredados, muestra que ésto no es así. Todos los tratamientos mutagénicos inducen esencialmente cambios aleatorios al genotipo, y los niveles de tratamiento usados para dar una cantidad de variación considerable de mutaciones visibles en caracteres cuantitativamente heredables, son también inducidos.

Esta tendencia puede ser por supuesto revertida, aplicando se-

lección para todos los caracteres importantes o por incorporación del mutante selecto en un programa de mejoramiento, donde el gen mutante deseado puede ser separado de las mutaciones in deseables.

2.8 LA GERBERA (Gerbera jamesonii H. Bolus).

En los últimos años ha ido aumentando poco a poco el interés por las gerberas, por ser flores que tienen mucha duración cuando se cortan en su punto, y una buena gama de colores, que puede satisfacer a los mercados más exigentes.

"La Gerbera jamesonii, originaria de Transvaal, Sudáfrica, se llevó a Inglaterra en 1890 donde se hibridó con Gerbera viridifolia, obteniéndose los primeros híbridos comerciales de estas especies a partir de 1900, los que recibieron el nombre común de gerbera y a las que se ha conservado el nombre técnico de Gerbera jamesonii".(Terra Nigra, 1989).

2.8.1. Descripción botánica.

"El nombre del género Gerbera viene del botánico alemán T. Gerber, que vivió en el siglo XVIII. Pertenece a este género a la familia de las compuestas y se conocen unas 50 especies repartidas por Africa y Asia". (Alberton, 1981).

Alberton, 1981 y Larson, 1988 indican que, la gerbera es una planta herbácea, perenne, que produce inflorescencias solitarias en pedunculos pilosos, llamados escapos ó tallos florales:

Raíz. Las raíces son fasciculares, pivotantes, pueden alcanzar de 60 a 80 cm. de longitud. En las plantas adultas, las raíces son numerosas y en conjunto dan el aspecto de una cabellera.

Tallo. Es un rizoma, con entre nudos muy cortos que crece produciendo hijuelos a su alrededor.

Hojas. Las hojas son pubescentes, enteras, lobuladas, pinnado-lanceoladas con la nervadura central muy marcada, con un color verde brillante, de 20 a 40 cm. de longitud, con una larga duración, dispuestas sobre el tallo en forma de roseta.

Inflorescencia. La gerbera presenta inflorescencias en capitulo (flores), con tres a cuatro filas perifericas de florecillas femeninas, florecillas tubulares centrales hermafroditas.

Las inflorescencias (flores) asemejan a grandes margaritas solitarias con 5 a 12 cm. de diametro, sobre pédunculos de 25 a 45 cm. ó más de largo, de 0.5 a 1.5 cm. de grosor, pubescente, a-filo y hueco. Los capitulos pueden ser simples con una fila de flores liguladas, semidobles con dos o varias filas de flores liguladas ó; dobles con todas las filas con flores liguladas en una gran diversidad de colores y tonos blancos, amarillo, rosa, salmon, naranja, rojo, escarlata, castaño, coral, violeta. Las flores centrales pueden ser de diferentes tonos de amarillo, color miel, rosa, verde, cafe y negro.

En las inflorescencias dobles las flores liguladas y las centrales pueden ser de diferentes colores.

Frutos. Los frutos que en éste caso corresponden a las semillas, son aquenios castaños, en forma de botella ovalada o fusiformes, con vilano en la parte superior, de 8 a 10 mm. de longitud. Una flor produce de 40 a 100 semillas y cada semilla pesa 200 mg. aproximadamente.

2.8.2. Clasificación taxonómica.

Cronquist, citado por Jones refiere en 1987, la siguiente clasificación taxonómica de gerbera.

División : Magnoliophyta .

Suddivisión: Angiospermae.

Clase: Magnoliopsida.

Subclase: Asteridae.

Orden : Asterales.

Familia: Asteraceae (Compositae).

Tribo: Mutiseae.

Genero: Gerbera.

Especie: jamesonii

Nombre científico : Gerbera jamesonii Bolus.

2.8.3. Mejoramiento genético.

La gerbera es alógama, diploide ($2n = 50$), con protoginia y una gran heterosis. La mayoría de las plantas poseen autofertilidad, sin embargo, no admiten un proceso continuo de autofecundaciones, pues rápidamente aparece esterilidad, por lo cual, para obtener líneas puras, se pueden usar cruzamientos consanguíneos (hermano X hermana), evitándose de ésta manera las pérdidas drásticas del vigor.

2.8.4. Formas de propagación comercial de gerbera.

2.8.4.1. Propagación sexual.

La propagación de la gerbera por medio de semillas, se puede hacer en cualquier época del año. La semilla que se use deberá ser lo más reciente posible, pues pierden rápidamente su viabi

lidad.

La siembra se hace procurando que las semillas queden verticalmente, con el vilano hacia arriba, depositando de 400 a 1 000 semillas/m² ó bien una semilla por cada 9 cm². Después de la siembra se da un riego ligero, procurando no desenterrar las semillas. Es importante que el semillero reciba buena luminosidad, pues las semillas de gerbera requieren de luz para germinar.

El inconveniente de la reproducción sexual, es que la calidad de las plantas producidas por semilla no es uniforme, y los resultados en color y producción floral son muy variables.

2.8.4.2. Propagación asexual.

La propagación asexual de la gerbera, se puede hacer por división de planta ó por cultivo de tejidos.

a) Propagación por división de planta

Existen diferentes técnicas para la reproducción por división, las cuales se basan en que el tallo de la gerbera es un rizoma que al dividirlo, cada división originará una nueva planta con las mismas características genéticas de la planta original. Dos de esas técnicas son: el enraizamiento directo de las divisiones en el lugar definitivo de plantación y, el enraizamiento de las divisiones previo a su trasplante en el lugar definitivo.

b) Propagación por cultivo de tejidos.

Se basa en la propiedad que tienen todas las células vegetales, de producir un organismo completo a partir de una célula individual.

Se logra la obtención de plántulas por cultivo de tejidos, me-

diante la colocación de divisiones miniatura con una asepsia total, en un medio de cultivo adecuado como el que idearon Murashige & Skoog, citados por Armenta, 1989.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. MATERIALES

El material que a continuación se detalla, se utilizó durante el desarrollo del trabajo experimental.

- 900 plántulas de gerbera (180 para cada tratamiento / 3 cultivares).
- Las plántulas se irradiaron en una cámara gamma en el ININ.
- 10 charolas de unicel para siembra.
- Sustrato arena, grava y tierra de monte, relación 1:1:1.
- 40 m² de terreno acondicionado para invernadero.
- Etiquetas.
- Letreros de cartón.
- Palitos de madera.
- Libreta de campo.
- Cámara fotográfica.
- Tabla Pantone II de colores.
- Una regla de 30 cm.
- Vernier.

3.1.1. Material genético.

Los genotipos empleados fueron, tres cultivares comerciales de gerbera, propiedad de INVERNAMEX S.A., que son los siguientes: Gb 8 Alicia (color naranja 164 C), capítulo sencillo, Figura 6; Gb 6 Pascal (color rojo 200 C), capítulo sencillo, Figura 7 y Gb 9 María (color blanco), capítulo doble, Figura 8.



Figura 6. Gb 8 T₁ 27, flor típica amplificada, color naranja 164 C.



Figura 7. Gb 6 T₁ 15, flor típica amplificada, color rojo 200 C.



Figura 8. Gb 9 T₁ 23, flor típica amplificada, color blanco. Así mismo, en la Figura 6 se muestran plantas completas de los tres cultivares empleados.

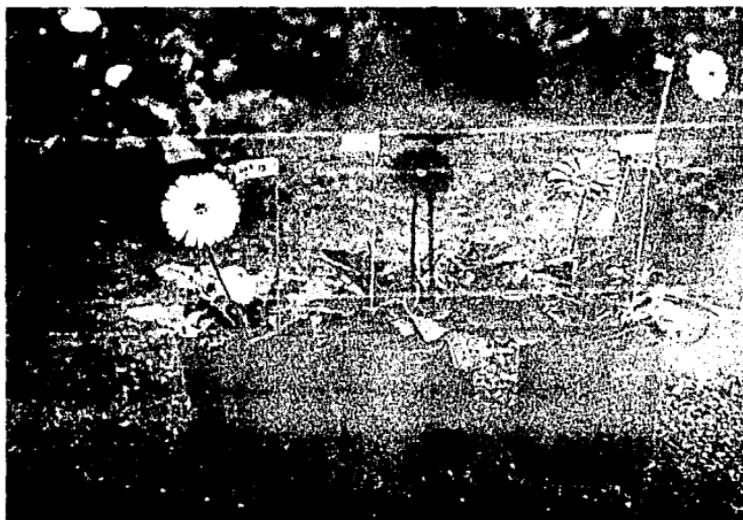


Figura 9. Plantas completas de los tres cultivares empleados. A la izquierda Gb 9 María (blanco); al centro, Gb 6 Pascal (rojo); y a la derecha Gb 8 Alicia (naranja).

En el Cuadro 5, se muestran con más detalle algunos datos de la caracterización de los cultivares empleados, hecho por Gómez, 1989b.

Cuadro 5. Caracterización de los cultivares de gerbera (*Gerbera jamesonii*), utilizadas para la evaluación de los efectos mutagénicos, según Gómez, 1989b.

Variedad	Color	Tipo de inflorescencia.	Color de centro	Diámetro de inflorescencia.	Long. de tallo \bar{x} en cm.
Alicia Gb 8	Naranja	Sencilla	Verde	9.0	20.0
Pascal Gb 6	Rojos	Sencilla	Verde	9.0	25.0
María Gb 9	Blanco	Doble	Verde	8.5	25.0

3.1.2. Material vegetal empleado.

Se utilizaron plántulas derivadas de cultivo de tejidos para evitar posibles fuentes de contaminación y, para manejar material muy homogéneo. El material vegetal tenía 8 semanas a la fecha de irradiación, con el fin de que dichas plántulas estuviesen formadas por tejidos de poca complejidad.

Estas plántulas se muestran en la Figura 10.

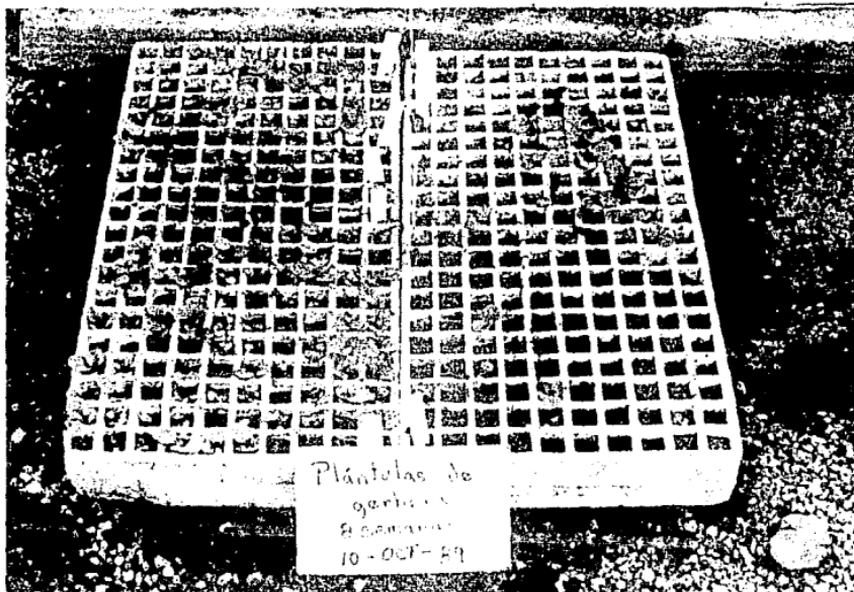


Figura 10. Plántulas de ocho semanas de edad derivadas de cultivo de tejidos.

3.2. METODOLOGIA.

3.2.1. Sitio donde se realizó el experimento.

El sitio donde se realizó el trabajo experimental fué, en las instalaciones de INVERNAMEX, ubicadas en San Mateo Huilango, Municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

3.2.2. Tratamiento.

Las plántulas se irradiaron en una cámara gamma en el ININ (Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares), se les aplicaron dosis de 0 r., 1000 r., 2000 r., 3000 r., 4000 r., en septiembre de 1989.

Las anteriores dosis fueron utilizadas, como un trabajo explo

ratorio para esta especie y para los cultivares usados. Existen sólo datos para otras especies, como se muestra en el Cuadro 3, donde para plantas en promedio se utilizaron de 2000 a 3000 r.

3.2.3. Diseño experimental.

Se aplicaron los cinco tratamientos: 0 r., 1000 r., 2000 r., 3000 r., 4000 r., a los tres cultivares y se hicieron tres repeticiones de cada tratamiento en cada cultivar.

Para el análisis de datos se utilizaron diferentes métodos estadísticos según los parámetros medidos para cada una de las características. En el caso de diámetro de inflorescencia (diámetro de flor), diámetro del receptáculo o centro de la flor (diámetro de centro), diámetro de escapo floral ó tallo (diámetro del tallo), longitud de escapo floral o tallo, número de hijuelos, número de flores se utilizó el método estadístico de parcelas divididas (bloques al azar).

Por lo que respecta a características cualitativas como: color de ligulas, color de flor y otras características como forma, tamaño y color de la hoja, forma de flor, forma y tamaño de tallo y vigor de planta. Se usó el método estadístico de X^2 chi cuadrada para análisis de frecuencia en la modalidad de tablas de contingencia.

3.2.4. Desarrollo del experimento.

Las plántulas irradiadas se dejaron desarrollar en condiciones de invernadero hasta el mes de marzo, en que se comenzó a tomar datos, una vez que la floración ya se establecía. Se tomaron datos durante tres meses, cada tercer día. Principalmente

de características florales: diámetro del réceptáculo o centro de la flor (\emptyset de centro), diámetro del escapo floral (\emptyset de tallo), longitud de escapo floral o tallo, color de flor. (El color de flor se determinó con base a los colores de la tabla Pantone II chromatic system). Así como el número de hijuelos, número de flores. Se consideró que el momento adecuado para la toma de datos, sería cuando la segunda hilera de flores hermafroditas del receptáculo o centro del capítulo recién aparecían.

Por lo concerniente a las características forma, tamaño y color de hoja, forma de flores, forma y tamaño de escapo floral y vigor de planta, las observaciones se realizaron con una frecuencia de 15 días.

En cuanto a manejo del cultivo en prácticas como: riegos, fertilización, control de plagas y otras prácticas culturales; éste fue hecho de acuerdo a las prácticas establecidas por INVERNAMEX, al igual que con las demás plantas de producción comercial.

IV. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

Cuadro 6. Supervivencia de plántulas de gerbera (Gerbera jamesonii H. Bolus), después del tratamiento a diferentes dosis de irradiación gamma de Cobalto 60. (60 plántulas por tratamiento/cada cultivar).

VARIEDAD	CONCEPTO	T ₁ 0 r. (%)	T ₂ 1000r. (%)	T ₃ 2000r. (%)	T ₄ 3000r. (%)	T ₅ 4000r. (%)
Gb 8	Sobrevivientes	100	46.66	0	0	0
ALICIA	Muertas	0	53.33	100	100	100
Gb 6	Sobrevivientes	100	28.33	0	0	0
PASCAL	Muertas	0	71.66	100	100	100
Gb 9	Sobrevivientes	100	71.66	0	0	0
MARIA	Muertas	0	28.33	100	100	100

Nota: Individuos sobrevivientes al momento de iniciar la medición de todas las características (7 meses después de la irradiación), mismas que son de interés para el mejoramiento de calidad de la flor.

Observese que la LD₅₀ aún está por abajo de la dosis más baja que se utilizó en éste experimento, para dos de los cultivares usados (Gb 8 con 46.66 % y Gb 6 con 28.33 %). En la dosis de 2 000, 3 000 y 4 000 rad. las plántulas murieron a los pocos días (uno ó dos), después de la irradiación.

En el Cuadro 6, puede observarse que el tratamiento T₂ (1000 r) fué el único donde hubieron sobrevivientes. Para el cultivar Gb 8 Alicia, tuvimos un 46.66 % de sobrevivientes, en el cultivar Gb 6 Pascal, tuvimos un 28.33 % de sobrevivientes, poniendo de manifiesto que éstos dos cultivares son más radiosensibles que el cultivar Gb 9 María, donde se obtuvo un 71.66 % de sobrevivientes.

De las plántulas sobrevivientes de los tres cultivares anteriores, fué posible tomar los datos para las evaluaciones de las características cuantitativas y cualitativas, que se consideraron en éste trabajo.

Cuadro 7. Concentrado de resultados. Promedios de las observaciones hechas para diferentes características en *Gerbera jamesonii* Bolus, en los cultivares Gb 8 Alicia; Gb 6 Pascal y Gb 9 María.

Variedad	Tratamiento	Repetición	d. de flor	d. de centro	d. de tallo	Longitud de tubo	Color	No. de sépalos	No. de Flores
Gb 8 ALICIA	T ₁	I	8.78	3.10	0.57	21.41	Naranja	3	2
		II	8.53	2.89	0.56	17.50	"	4	3
		III	8.76	2.97	0.58	18.47	"	4	2
	T ₂	I	8.87	3.17	0.58	20.63	Naranja	2	3
		II	8.12	2.91	0.57	19.69	"	3	2
		III	8.74	3.17	0.61	21.89	"	3	3
Gb 6, PASCAL	T ₁	I	8.98	3.38	0.66	25.90	Rojo	2	4
		II	8.95	3.22	0.60	27.43	"	3	4
		III	8.43	3.09	0.61	25.90	"	2	4
	T ₂	I	8.36	3.18	0.58	23.46	Rojo	2	4
		II	9.16	3.56	0.77	29.95	"	2	3
		III	7.65	3.09	0.59	29.25	"	2	4
Gb 9 MARIA	T ₁	I	9.74	**	0.59	26.07	Blanca	2	3
		II	9.65	**	0.59	27.89	"	2	4
		III	9.27	**	0.56	25.36	"	2	3
	T ₂	I	8.92	**	0.53	28.37	Blanca	2	3
		II	9.63	**	0.55	28.93	"	2	4
		III	9.23	**	0.55	30.62	"	2	3

(*) El color de cada flor -capítulo- se comparó con los colores de la tabla Pantone II y, se le dió el valor correspondiente según dicha tabla.

(* *) Significa que éste cultivar no es morfológicamente igual a los anteriores. Por lo tanto, no se evaluó ésta característica en el cultivar Gb 9 María.

En el Cuadro 7, se presenta el concentrado de resultados que contiene los promedios de las observaciones en los tres cultivares de gerbera; se observa que en la característica diámetro de flor (diámetro de inflorescencia), numéricamente no existieron diferencias marcadas entre los tratamientos en el cultivar, y aún tampoco entre cultivares. Aunque los datos que se muestran para el cultivar Gb 9 María son mayores ($T_1 \bar{x} = 9.5$ cm., $T_2 \bar{x} = 9.26$ cm), que el dato que se muestra en el Cuadro 5, de caracterización de cultivares que es de 8.5 cm. Pero como el dato de T_1 y T_2 en las poblaciones manejadas en éste trabajo, son similares, asumimos que el leve aumento de diámetro de flor (diámetro de inflorescencia), con respecto al dato de caracterización, no se debió al efecto del tratamiento mutagénico.

En la característica diámetro del centro (diámetro del receptáculo), no se observaron cambios significativos entre los cultivares Gb 8 Alicia y Gb 6 Pascal por efecto del tratamiento en cada cultivar. Estos cultivares no presentan diferencias numéricas considerables en el diámetro del centro de sus flores. Cabe mencionar aquí que, el cultivar Gb 9 María por ser morfológicamente diferente -es de capítulo doble-, ésta característica no se evaluó en éste cultivar.

En los cultivares usados, no se presentaron diferencias numéricas marcadas en la característica diámetro de tallo (diámetro de escape floral), siendo que los datos son muy similares por efecto del tratamiento. El leve aumento del grosor del tallo en Gb 6 Pascal, asumimos que, es una característica propia del cultivar, debido a que en las plantas de T_1 se observa el mismo aumento, con respecto a los otros cultivares.

En cuanto a la característica longitud de tallo (longitud de escape floral), se aprecia que el cultivar Gb 8 Alicia, es comparativamente más corto que los otros dos cultivares. Hecho que concuerda con los datos de la caracterización de los cultivares, ver Cuadro 5.

Por otra parte, a juzgar por los datos del cultivar Gb 9 María se nota en general, un leve aumento en la longitud del tallo de las plantas del T_2 (1 000 rad.).

El número de hijuelos es una característica en donde los cultivares manejados, si muestran diferencias. Como podemos ver, el promedio general del cultivar Gb 8 es de 3.0, mientras que el promedio de los cultivares Gb 6 pascal y Gb 9 María, son 2.0 y 2.0, respectivamente. Aunque ésta característica es más bien derivada del comportamiento normal de ese cultivar. Sin embargo, notamos también que existió un efecto detrimental en Gb 8 Alicia, reduciéndose un hijuelo en promedio, en T_2 , con respecto a T_1 .

El número de flores por planta, es una característica que mostró ser diferente entre los cultivares que se manejaron. Así, el cultivar Gb 6 Pascal, es el que produjo más flores en el periodo de observación, siguiéndole en orden decreciente, el cultivar Gb 9 María y por último Gb 8 Alicia. Además, ésta característica no fué afectada por el tratamiento mutagénico, en ninguno de los cultivares.

El caso de color de flor, se toca como un caso especial, pues se trata de una característica cualitativa y, se analizó mediante un método estadístico no paramétrico.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la característica diámetro de flor.

FV	gl	SC	CM	F _{calc.}	F _{tablas}
Bloque	2	0.357	0.178	0.624	6.94
A	2	2.535	1.267	4.445	6.94
Error A	4	1.141	0.285		
Total Perc. Gds.	8	4.035			
B	1	0.319	0.319	3.43	5.99
AB	2	0.061	0.030	0.323	5.14
Error B	6	0.558	0.093		
Subtotal	9	0.939			
Total	17	4.974			

Característica: Diámetro de flor.

(inflorescencia ó capítulo)

A : Variedades

B : Tratamientos

sc : GDS

* : Diferencia significativa.

De los datos que se muestran en el Cuadro 7 (concentrado de resultados), tenemos éstos resultados del análisis de varianza, donde observamos que no hubo diferencia significativa entre los cultivares y los tratamientos aplicados a las plantas. Es decir, que los cultivares tienen un diámetro de flor estadísticamente igual y, que el tratamiento no produjo cambios positivos ó negativos, significativamente diferentes. No hubo interacción de las dos variables en cuestión.

(Cuadro 9. Análisis de varianza para la característica diámetro de centro.

FV	gl	SC	CM	F cal.	F tablas.
Bloque	2	0.032	0.016	-5.44	19.00
A	1	59.716	59.716	-2.00	18.51
Error A	2	-59.456	-29.728		
Total Perc. Gde.	5	0.293			
B	1	0.015	0.015	0.85	7.71
AB	1	0.010	0.010	0.597	7.71
Error B	4	0.072	0.018		
Subtotal	6	0.098			
Total	11	0.391			

Característica: Diámetro de centro.
(receptáculo).

A : Variedades
B : Tratamientos
 α : 0.05
* : Diferencia significativa.

Al igual que la característica de diámetro de flor (ϕ de flor), sucede lo mismo con el diámetro del centro (ϕ de centro), donde no se observaron cambios significativos entre los cultivares empleados y los tratamientos que se aplicaron, ni hubo interacción de éstas dos variables, como se puede apreciar en los resultados del análisis de varianza de éste Cuadro 9.

En el caso del cultivar Gb 9 María, ésta característica no se evaluó debido al tipo de flor "doble" (ligulas más alargadas en el centro ó receptáculo), que no es propia en los cultivares Gb 6 Pascal y Gb 8 Alicia, pues éstos son de flores sencillas.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la característica diámetro de tallo.

FV	gl	SC	CM	F _{calc.}	F _{tablas}
Bloque	2	0.0018	0.0009	0.484	6.94
A	2	0.0182	0.0091	4.67	6.94
Error A	4	0.0077	0.0019		
Total Perc. Gde.	8	0.0279			
B	1	0.000018	0.000018	0.0063	5.99
AB	2	0.0033	0.0016	0.590	5.14
Error B	6	0.0169	0.0028		
Subtotal	9	0.0203			
Total	17	0.0482			

Característica: Diámetro de tallo.
(escapo floral).

A: Variedades
B: Tratamientos
α: 0.05
*: Diferencia significativa.

En el Cuadro 10 podemos apreciar que, para la característica diámetro de tallo, no hubo diferencia significativa en el comportamiento entre los cultivares, el efecto producido por el tratamiento mutagénico en las plantas de cada cultivar y, tampoco hubo diferencia estadística significativa para una posible interacción entre las variedades manejadas.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la característica longitud de tallo.

FV	gl	SC	CM	F cal.	F tablas.
Bloque	2	3.488	1.744	0.329	6.94
A	2	227.11	113.55	21.48	6.94
Error A	4	21.14	5.285		
Total Perc. Gde.	8	251.74			
B	1	15.76	15.76	4.94	5.99
AB	2	2.369	1.184	0.371	5.14
Error B	6	19.14	3.190		
Subtotal	9	37.27			
Total	17	289.02			

Característica: Longitud de tallo.

A : Variedades
 B : Tratamientos
 α : 0.05
 * : Diferencia significativa.

Como se aprecia en los datos del Cuadro 7, el cultivar Gb 8 Alicia es de por sí, de tallo más corto que el de los cultivos Gb 6 Pascal y Gb 9 María, mientras que, éstos dos últimos tienen una longitud de tallo igual estadísticamente. Al mismo tiempo, podemos observar en éste Cuadro 11 de análisis de varianza de la característica longitud de tallo, que no hubo cambio por el efecto del tratamiento mutagénico y tampoco una interacción entre las dos variables manejadas.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la característica número de hijuelos.

FV	gl	SC	CM	F cal.	F tablas.
Bloque	2	0.777	0.388	1.74	6.94
A	2	4.777	2.388	10.74	6.94
Error A	4	0.888	0.222		
Total Perc. Gds.	8	6.444			
B	1	0.888	0.888	11.99	5.99
AB	2	0.777	0.3888	5.25	5.14
Error B	6	0.444	0.074		
Subtotal	9	2.111			
Total	17	8.444			

Característica: Número de hijuelos.

A: Variedades
B: Tratamientos
α: 0.05
*: Diferencia significativa.

En éste cuadro, observamos que T_1 y T_2 son diferentes, es decir, que con el tratamiento se redujo el número de hijuelos en el cultivar Gb 8 Alicia, como se puede observar también en el Cuadro 7. Por ésta misma razón, aparece una diferencia significativa en el efecto de tratamiento, ya que afectó al cultivar Gb 8 en el número de hijuelos por planta, donde decreció ésta característica en plantas de T_2 , y por ello, la interacción de ambas variables manejadas (AB), aparece también con diferencia significativa.

Guadro 13. Análisis de varianza para la característica número de flores.

FV	gl	SC	CM	F cal.	F tablas.
Bloque	2	0.112	0.560	1.443	6.94
A	2	5.445	2.772	7.015	6.94
Error A	4	1.555	0.388		
Total Perc. Gde.	8	7.112			
B	1	0.000	0	0	5.99
AB	2	0.333	0.166	0.601	5.14
Error B	6	1.666	0.277		
Subtotal	9	1.999			
Total	17	9.111			

Característica: Número de flores.

A : Variedades
 B : Tratamientos
 α : 0.05
 * : Diferencia significativa.

Es posible observarse en el Cuadro 13, que existe diferencia significativa entre los cultivares, lo cual hace estadísticamente diferente a cuando menos uno de los tres cultivares trabajados, en cuanto al rendimiento de flores por planta. Pues en el Cuadro 7, mientras que el cultivar María Gb 9, tiene en la suma de las repeticiones un total de 10 flores para T_1 y 10 flores para T_2 ; y en el cultivar Pascal Gb 6, la misma suma es de 12 y 11 flores para T_1 y T_2 , respectivamente, siendo considerablemente mayores comparados con el rendimiento del cultivar Alicia Gt 8, que tuvo en las sumas 7 y 8 flores para T_1 y T_2 , respectivamente.

Aunque una vez realizada la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, no se encontró una diferencia significativa entre los cultivares más contrastantes, ya que el valor crítico calculado fué de 1.44 y, la diferencia de las medias entre los cultivares más contrastantes fué de 1.33. Esto es debido al escaso margen que existe entre la F calculada y la F de tablas, donde la diferencia es de apenas 0.07.

Cuadro 14. Espectro de mutaciones de Gerbera jamesonii cv. Gb 8 Alicia (naranja).

Características	Dosis aplicada	Número de mutantes	% de total de mutantes
<u>Color de flor</u> ^a	1000 r.		
Más anaranjado: 172 C			
Coral	"	2	8.33 %
Capítulos de lígulas con dos tonos de color naranja 164 C hacia afuera + 172 C hacia el centro	"	2	8.33 %
Modificaciones en color del centro de la flor			
172 C = coral	"	1	4.16 %
Color amarillo 136 C	"	2	8.33 %
<u>Flores tamaño y forma</u> ^a	1000 r.		
Flores más pequeñas	"	1	4.16 %
Flores más grandes	"	2	8.33 %
Flores irregularmente formadas	"	3	12.50 %
Flores sin anteceras	"	3	12.50 %
<u>Hojas</u> ^b	1000 r.		
Más ó menos vigorosas	"	1	4.16 %
Hojas malformadas	"	1	4.16 %
<u>Planta ()</u>	1000 r.		
Exceso de follaje sin floración	"	1	4.16 %
Follaje raquíptico	"	1	4.16 %
Crecimiento retardado	"	1	4.16 %
<u>Quimeras</u> ^a	1000 r.		
2 flr es 164 C naranja + 136 C amarillo	"		
Una flor 164 C naranja + 123 C amarillo	"	3	12.50 %
Total		24	100.0 %

Observaciones.

- a. Número de flores detectadas durante el desarrollo del experimento.
 - b. Número de plantas detectadas durante el desarrollo del experimento.
- †. En general, por simple observación visual, con el tratamiento mutagénico aumentó levemente el vigor en las plantas sometidas a 1 000 rad.

En el Cuadro 14, espectro de mutaciones de gerbera cv. Gb 8 Alicia (naranja). Se enlistan diferentes características. Algunas con descripciones específicas, así como la cantidad de mutantes encontrados en la misma. Y el porcentaje total de cada característica.

En el caso de la característica color de flor, se observaron cambios fenotípicos marcados con respecto a las plantas del tratamiento con cero rad. Estos cambios de color, sobretudo 172 C (Coral) y 136 C (Amarillo), pueden ser usados posteriormente para mejoramiento genético, ya que es una característica agronómica deseable.

Cuadro 15. Espectro de mutaciones de Gerbera jamesonii cv. Gb 6 Pascal (roja).

Características	Dosis aplicada	Número de mutantes	% de total de mutantes
<u>Color de flor</u> ^a	1000 r..		
En ésta variedad no se observaron cambios.	"	0	0.0 %
<u>Flores tamaño y forma</u> ^a	1000 r.		
Más pequeñas	"	1	7.69 %
Más grandes	"	4	30.76 %
Flores irregularmente formadas	"	4	30.76 %
Flores sin anteras	"	1	7.69 %
<u>Tallo de flor</u> ^a	1000 r.		
Más corto	"	1	7.69 %
<u>Hojas</u> ^b	1000 r.		
Pequeñas	"	1	7.69 %
<u>Planta</u> ^b (†)	1000 r.		
Más pequeña ó compacta	"	1	7.69 %
<u>Quimeras</u>	1000	0	0.0 %
Total		13	100.0 %

Observaciones.

- a. Número de flores detectadas durante el desarrollo del experimento.
- b. Número de plantas detectadas durante el desarrollo del experimento.
- †. En general, por simple observación visual, con el tratamiento mutagénico aumentó levemente el vigor en las plantas sometidas a 1000 rad.

El espectro de mutaciones del cultivar Gb 5 Pascal, es el más reducido de los tres que se observaron. En éste cultivar no se observó un sólo cambio en cuanto al color de flor. En contraste, en forma y tamaño de flores, si hubieron cambios, aunque sólo una variación puede ser de provecho, como es el caso de las flores más grandes (4), pero las demás variantes no son deseables para el mejoramiento.

El tallo de la flor y las hojas no presentaron cambios deseables en sus características, del mismo modo sucedió con el aspecto de la planta, donde se observó una planta más pequeña. Sólo que al parecer las plantas en conjunto, presentaron un leve aumento en vigor.

Cuadro 16. Espectro de mutaciones de Gerbera jamesonii cv. Gb 9 María (blanca), doble.

Características	Dosis aplicada	Número de mutantes	% de total de mutantes
<u>Color de flor</u> ^a	1000 r.		
Otro color; 107 C amarillo	"	4	8.33 %
<u>Flores tamaño y forma</u> ^a	1000 r.		
Más pequeñas	"	1	2.08 %
Flores irregularmente formadas	"	5	10.41 %
Flores en forma de crisantemo	"	1	2.08 %
Flores rizadas	"	2	4.16 %
Otras características; dos flores en un sólo tallo	"	1	2.08 %
<u>Tallo de flor</u> ^a	1000 r.		
Más largo	"	20	41.66 %
Más corto	"	2	4.16 %
Malformado	"	4	8.33 %
<u>Hojas</u> ^b	1000 r.		
Verde más ó menos oscuro	"	1	2.08 %
Malformadas	"	1	2.08 %
Menos lobuladas	"	1	2.08 %
Más ó menos vigorosas	"	2	4.16 %
<u>Plantas</u> ^b (†)	1000 r.		
Más vigorosas	"	3	6.25 %
Total		48	100.0 %

Observaciones.

a. Número de flores detectadas durante el desarrollo de experimento.

b. Número de plantas detectadas durante el desarrollo de experimento.

†. En general, por simple observación visual, con el tratamiento mutagénico aumentó levemente el vigor en las plantas sometidas a 1 000 rad.

En el Cuadro 16, espectro de mutaciones de gerbera cv. Gb 9 María (blanca) doble, se aprecian diferentes características; en la característica de color de flor se tuvo un amarillo 107 C. Este es un color amarillo cremoso ténue, característica que podría utilizarse para mejoramiento genético en gerbera.

En las características tamaño y forma de flor, se presentaron tanto flores irregulares, flores rizadas, flores con forma de crisantemo y dos flores en un sólo tallo.

Por lo que respecta al tallo, un número considerable de plantas (20), presentaron tallos más largos que lo normal.

En el caso de hojas, éste cultivar presentó más variedad de color en sus hojas, existiendo diferentes tonos de verde, lo mismo sucedió en forma de hoja.

Se observaron plantas más vigorosas y en general, el tratamiento produjo un aumento de vigor en plantas.

ANALISIS DE RESULTADOS DE LAS OBSERVACIONES PARA CARACTERIS-
TICAS CUALITATIVAS.

COLOR DE FLORES.

Prueba de Chi-cuadrada para evaluar las frecuencias observadas
de color en flores. (Gb 8 Alicia-naranja).

Tablas de contingencia.

	136C	150C	151C	157C	163C	164C	165C	171C	172C	Total
T ₁	0	2	14	0	10	90	10	2	0	128
T ₂	4	4	14	4	8	64	18	2	4	122
	4	6	28	4	18	154	28	4	4	250

como consecuencia de los datos de la serie anterior, se calcu-
laron, las frecuencias esperadas bajo el criterio de indepen-
dencia y son las que se muestran en la tabla siguiente:

	136C	150C	151C	157C	163C	164C	165C	171C	172C	Total
T ₁	0(2)	2(3)	14(14)	0(2)	10(9)	90(79)	10(14)	2(2)	0(2)	128
T ₂	4(2)	4(3)	14(14)	4(2)	8(9)	64(75)	18(14)	2(2)	4(2)	122
	4	6	28	4	18	154	28	4	4	250

sin embargo, la prueba de Chi-cuadrada (χ^2) se ve afectada por
el tamaño de las muestras que se emplean y no se debe utilizar
dicha prueba cuando una frecuencia esperada de clase sea menor
que 5, dado que la frecuencia relativa para dicha clase es
muy pequeña. Cuando se presenta éste problema se recomienda
combinar clases adyacentes cuya frecuencia sea menor que 5, a
fin de alcanzar ó superar dicho valor, como recomienda Grizzle,
citado por Daniel, 1987. Entonces, debido a que en las tablas
de frecuencias esperadas existen frecuencias esperadas menores
que 5, se combinaron clases de colores a fin de superar éste

problema. El criterio de agrupación que se sugiere a utilizar frecuentemente es: agrupar las primeras dos columnas ó valores como una nueva cantidad y las últimas 3 ó 4, como una nueva última columna ó cantidad.

De donde resulta la siguiente tabla de contingencia:

	Amarillo	Naranja	Coral	Total
T ₁	2	114	12	128
T ₂	8	90	24	122
	10	204	36	250

Calculando las frecuencias esperadas se obtuvo la siguiente tabla:

	Amarillo	Naranja	Coral	Total
T ₁	2(5)	114(104)	12(18)	128
T ₂	8(5)	90(100)	24(18)	122
	10	204	36	250

En donde se observa que todas las frecuencias esperadas tienen un valor de 5 ó más, por lo cual, se aplicó ahora la prueba de Chi-cuadrada. Donde las hipótesis en juego son las siguientes:

H₀: No existe relación entre el tratamiento y la frecuencia de colores observados.

H_a: Si existe relación entre el tratamiento y la frecuencia observada de colores.

La fórmula para Chi-cuadrada en tablas de contingencia es:

$$\chi^2_{\text{cal}} = \left(\frac{f_{\text{obs}} - f_{\text{esp}}}{f_{\text{esp}}} \right)^2$$

Resolviendo la fórmula, se tiene:

$$X^2 = \frac{(2-5)^2}{5} + \frac{(114-104)^2}{104} + \frac{(12-18)^2}{18} + \frac{(8-5)^2}{5} + \frac{(90-100)^2}{100} + \frac{(24-18)^2}{18} = 1.8 + 0.96 + 2 + 1.8 + 1 + 2 = 9.56$$

$$X^2 \text{ cal} = 9.56$$

$X^2 \text{ cal} = 9.56 > X^2 \text{ tablas} = 5.99$. por lo tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_a .

H_a : Si existe relación entre el tratamiento y la frecuencia observada de colores.

Prueba de Chi-cuadrada para evaluar las frecuencias observadas de color en flores. (Gb 9 María-blanco).

Tablas de contingencia.

	Blanco	Amarillo	Total
T_1	92	0	92
T_2	128	4	132
	220	4	224

Aunque algunos autores como Grizzle, citado por Daniel, 1987. recomiendan que se utilice para tablas de contingencia de dos columnas, por dos renglones, la corrección de Yates; ésto es corregir a continuidad las frecuencias observadas de la tabla que son discretas. Los investigadores actuales han cuestionado su uso basándose en que ésta corrección con demasiada frecuencia conduce a una prueba demasiado conservadora, es decir, el uso de la corrección conduce con demasiada frecuencia al no rechazo de la hipótesis nula. Esta es una razón suficiente, por lo que se recomienda no utilizar dicha corrección.

Para nuestra tabla de 2 x 2, de tratamientos y colores, no se

utilizó ésta corrección.

Calculamos las frecuencias esperadas y obtuvimos la siguiente tabla:

	Blanco	Amarillo	Total
T ₁	92(90)	0(2)	92
T ₂	128(130)	4(2)	132
	220	4	224

Como se puede observar, tenemos frecuencias esperadas menores que 5, sin embargo, para el análisis de tablas de contingencia de 2 x 2, cuando $n < 40$, puede tolerarse una frecuencia esperada de las celdas tan pequeña como 1, según Cochran, citado por Daniel, 1987.

A continuación se aplica la prueba de χ^2 , donde las hipótesis en juego son:

H₀: No existe relación entre el tratamiento y la frecuencia de colores observados.

H_a: Sí existe relación entre el tratamiento y la frecuencia observada de colores.

Resolviendo la fórmula se tiene:

$$\chi^2 = \frac{(92-90)^2}{90} + \frac{(0-2)^2}{2} + \frac{(128-130)^2}{130} + \frac{(4-2)^2}{2} =$$

$$\chi^2 \text{ cal} = 0.04 + 2.0 + 0.03 + 2.0 = 4.07$$

$\chi^2 \text{ cal} = 4.07 > \chi^2 \text{ tablas} = 3.84$. por lo tanto, se rechaza H₀ y se acepta H_a.

H_a: Si existe relación entre el tratamiento y la frecuencia observada de colores.

V. DISCUSION.

Dosis aplicadas.

De acuerdo a los datos que se muestran en el Cuadro 6, de sobrevivencia de plántulas a las diferentes dosis de radiación empleadas, resultó que la dosis de 2 000, 3 000 y 4 000 rad, produjeron la muerte de todos los individuos tratados. Y solamente las plántulas tratadas con 1 000 rad. sobrevivieron y, por ello sirvieron para evaluar las características deseables de gerbera. En la dosis de 1 000 rad., podemos observar además que los valores de sobrevivencia obtenidos, están por abajo de la LD₅₀ en los cultivares Gb 8 Alicia y Gb 6 Pascal, con 46.66 y 28.33 %, respectivamente. Mientras que para Gb 9 María, ésta dosis supera la LD₅₀ con 71.66 % de sobrevivencia. Aunque consideramos que éste es un estudio preliminar para determinar la dosis adecuada, para obtener mutaciones, deben tomarse en cuenta otros elementos. Pues existen diferencias en la radiosensibilidad de las plantas, debida en parte a que existen genotipos de los cuales se puede esperar que manifiesten una frecuencia mayor de mutaciones deseables, como indican Davis y Wall, citados por Nybom y Koch, 1965, así como otros elementos como son la condición fisiológica en la época de radiación, y las condiciones de pre y post-radiación, también de los objetivos del mejoramiento y otros. Aunque es de considerarse, como mencionan Nybom y Koch, 1965. que la frecuencia de mutación se incrementa con el aumento de la dosis, pero la capacidad de sobrevivencia y regeneración decrece con el aumento de la dosis.

Por lo anterior, sería necesario realizar una evaluación para posteriores trabajos con dosis de 0 r., 100 r., 200 r., hasta 1000 rad, tomando en cuenta diferentes cultivares, procurando conservar un amplio espectro de mutación y un porcentaje de sobrevivientes favorable que permita su recuperación..

Evaluación de características para mejorar la calidad de gerbera.

Características cuantitativas.

Al analizar los datos de las características que influyen en la calidad de flor y productividad, mostrados en el Cuadro 7, se realizó el análisis de varianza en las características: diámetro de flor (ϕ de flor), Cuadro 8; diámetro de centro (ϕ de centro de flor), Cuadro 9; y diámetro de tallo (ϕ de tallo), Cuadro 10; muestran que no existe diferencia significativa en éstas características por el efecto del tratamiento mutagénico.

Por lo que respecta al diámetro de flor, en particular, éste no sufrió cambios significativos en ninguna de las poblaciones manejadas en los tres cultivares, ya que como se muestra en el Cuadro 7, a simple vista, no se notan cambios drásticos en dicha característica, entre los cultivares ni tampoco entre los tratamientos, como lo muestra el análisis de varianza correspondiente (Cuadro 8).

En la característica diámetro de centro de la flor, no hubieron cambios significativos entre los cultivares, ni entre los tratamientos, es decir, T_1 (0 rad) y T_2 (1000 rad) en cada cultivar. Por lo cual, observamos que el tratamiento mutagénico no influyó de manera sustancial. En ésta característica, sólo se trataron dos cultivares, Gb 8 Alicia y Gb 6 Pascal, ya que

el cultivar María Gb 9 no tiene las características como los otros dos cultivares porque es de inflorescencia doble.

En el caso de diámetro de tallo de flor, no existieron diferencias entre los cultivares ni entre los tratamientos. Y al igual que en las anteriores características, el tratamiento mutagénico no influyó de manera significativa.

Para el caso de las características, longitud de tallo, Cuadro 11 y número de flores, Cuadro 13, observamos que no existe diferencia significativa por el efecto de los tratamientos y, que sólo existe diferencia entre los cultivares manejados.

En la característica longitud de tallo, el cultivar Gb 8 'Alicia' es de por sí, de tallo más corto que en los cultivares Gb 6 y Gb 9, como se puede observar también en los datos del Cuadro 7, que coinciden con los datos de la caracterización de los cultivares que se muestran en el Cuadro 5.

Para la característica número de flores, Cuadro 13, tuvimos diferencia significativa entre los cultivares manejados, de las cuales Gb 9 y Gb 6, resultaron estadísticamente semejantes entre sí, ver Cuadro 7 también, pero al mismo tiempo en cuanto al número de flores, superaron a Gb 8.

Aunque, no es de mucha importancia la diferencia entre los cultivares, de acuerdo a los objetivos del presente trabajo. Pues no se deseaba evaluar las características entre los cultivos, sino el efecto producido por el tratamiento mutagénico en las características dentro de cada cultivar.

De modo que, por lo que respecta a las características anteriores, que no presentaron diferencias significativas en sus aná-

lisis de varianza respectivos, debemos considerar que posible mente, si existan cambios ó mutaciones pero no pudieron manifestarse en ésta generación.

Es interesante también, analizar el hecho de que en los cuadros de análisis de varianza para las características anteriormente citadas, no se encuentran diferencias significativas, pero fenotípicamente, sí se manifiestan cambios, cuyos resultados se observan en los Cuadros 14, 15 y 16 donde, observando los espectros de mutación de cada cultivar, tenemos lo siguiente:

Para el cultivar Gb 8 Alicia, en el Cuadro 14, de espectro de mutaciones, presenta cambios en cuanto a tamaño de flor, según una observación fenotípica, sin embargo, sabemos por el análisis de varianza de la característica diámetro de flor, del Cuadro 8, que no existen cuantitativamente diferencias. Estos cambios fenotípicos pueden ser útiles y de valor para un futuro mejoramiento genético.

En el cultivar Gb 6 Pascal, tenemos que también fenotípicamente se observan cambios en cuanto a tamaño de flor, Cuadro 15, encontrándose flores más grandes y más pequeñas de lo normal, pero en el análisis de varianza del Cuadro 8, no se detectó, debido a que se presentó un número reducido de individuos con esta característica. En cuanto a la longitud de tallo, en el Cuadro 15, se tiene que resultó una flor con tallo más corto, sin embargo, no hubo diferencia en el análisis del Cuadro 11, pues sucede lo mismo, que para la característica anterior. Y en el cultivar Gb 9 María, Cuadro 16, con respecto a la característica diámetro de flor, se tuvo una flor más pequeña y, en la característica longitud de tallo se observaron algunas flo-

res con tallo más largo, y otros con tallo más corto. Sin embargo, en el Cuadro 11, no hubieron diferencias significativas.

Por todo lo anterior, se deben considerar aún los cambios fenotípicos, pues no es suficiente creer de los resultados de análisis de varianza que, muestran que no hay diferencias en los tratamientos, siendo que sí se dan cambios. Sólo que éstos, ocurren a nivel individuo y en muy poca proporción. Por ello es que al someterlos a un análisis estadístico, se eliminan indiscriminadamente.

Estos mutantes, aunque sean pocos (en ocasiones uno sólo) pueden, ó de hecho, deben ser usados para fines prácticos de mejoramiento genético, reproduciéndolos vegetativamente y usándolos directamente como nuevos cultivares ó bien, incorporándolos a un programa de mejoramiento genético adicional.

Para la inducción de mutaciones en gerbera y otras especies, es conveniente manejar poblaciones de tamaño regular, que generarán una fuente de variabilidad genética capaz de ser incorporada a cualquier programa de mejoramiento útil para las características de cada especie, permitiéndole así, manifestar su importancia y potencialidad que no está del todo definida.

En el Cuadro 12, de análisis de varianza de la característica número de hijuelos, puede observarse que existió diferencia significativa por el efecto del tratamiento, ya que en T_2 , el cultivar Gb 8 redujo de manera considerable el número de hijuelos por planta, lo cual se puede apreciar en el Cuadro 7. Esta característica resultó afectada negativamente, pero debemos considerar que no es de mucha importancia, pues para la

reproducción de ésta especie se emplea el método de cultivo de tejidos, aún en las prácticas comerciales de producción.

Características cualitativas.

Por lo que respecta al efecto producido por el tratamiento mutagénico en características cuantitativas y cualitativas, para producir nuevos cultivares que en un futuro lleguen a ser de interés comercial, podemos observar de los resultados de los Cuadros 14, 15 y 16, los siguientes espectros de mutación para cada cultivar. Sin embargo, hacemos un énfasis mayor en las características deseables para el fin antes mencionado.

En el caso de Gb 8. Alicia Cuadro 14, tenemos que es posible la obtención de nuevos cultivares, considerando las características observadas, aunque también se pueden notar cambios positivos y negativos en el mismo cuadro.

Para color de flor se obtuvieron flores con un tono de color más fuerte 172 C (coral) Figura 11, contra 163 a 164 C (naranja) que es lo más frecuente y que, no exhibieron las plantas del T_1 , es decir, las de 0 rad; así mismo, se obtuvieron flores con dos tonos de color al mismo tiempo en la misma flor, 172 C (coral), hacia el centro de las lígulas y 164 C (naranja) hacia el exterior de las mismas, como se aprecia en la Figura 12. También se obtuvieron flores de color amarillo 136 C Figura 13, que si fueron contrastantes totalmente, con lo observado en las flores de las plántulas de 0 rad T_1 donde en ningún caso se observaron flores con tonos de amarillo.

Las observaciones de color de flor fueron evaluadas mediante el análisis estadístico, por el método de Chi cuadrada, que se muestra en el análisis de resultados, donde se probó que si e-

xiste relación entre el tratamiento aplicado y la frecuencia observada de colores de flor. Con base en lo anterior, se considera que los cambios mutagénicos observados en tonos de color son resultado del tratamiento con 1000 r. de rayos gamma.

En lo referente al tamaño, se presentaron flores más grandes y más pequeñas, flores irregularmente formadas y flores sin anteras. En cuanto a las hojas, se obtuvieron hojas más vigorosas y malformadas. Y por último en el aspecto general de la planta, se observaron plantas con exceso de follaje, que no florecían, plantas de follaje raquíptico y plantas con crecimiento retardado.

Se observaron también quimeras, cuyas características se discuten posteriormente, y en la Figura 14 se ilustra el aspecto de una flor quimérica en las plantas de Gb 8 Alicia.

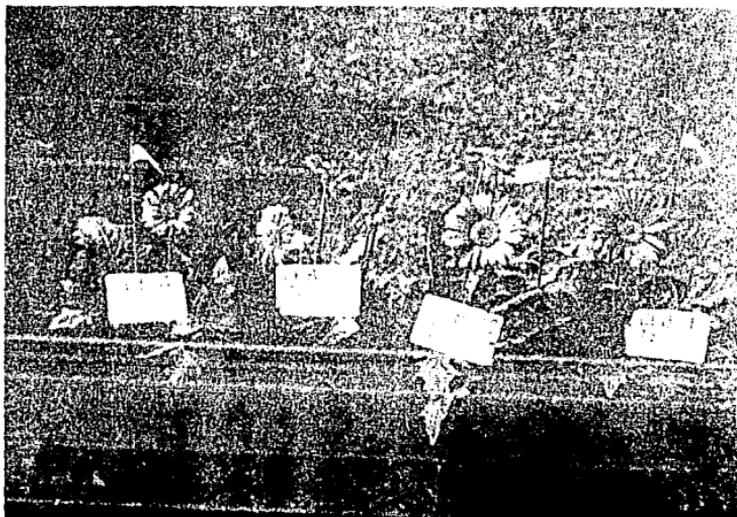


Figura 11. Plantas comoletas donde se muestran los cambios de color de flor en el cultivar Alicia; Gb 8 T₂₄ (melocotón); Gb 8 T₂₅ (coral); Gb 8 T₁₀ (Naranja); y Gb 8 T₂₁ (coral).

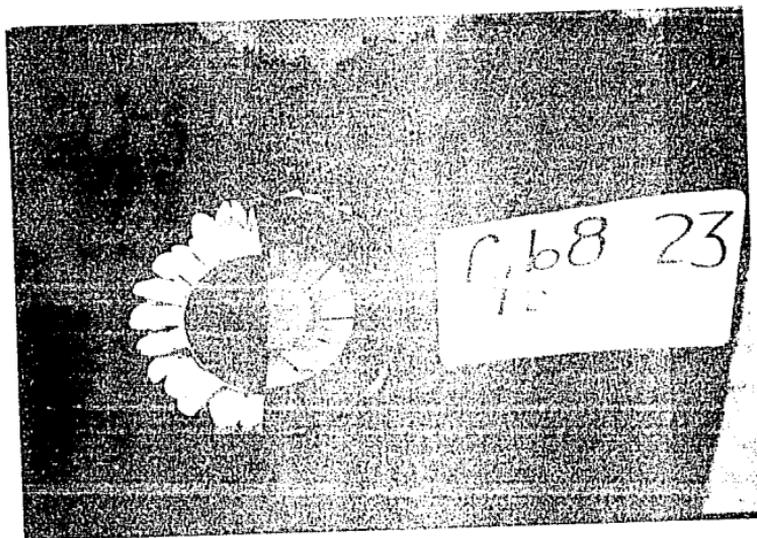


Figura 12. En ésta figura se muestra a la planta Gb 8 T₂ 23, que presentó 2 tonos de color en la misma flor; 172 C coral hacia el centro de las lígulas y, 164 C naranja hacia el exterior de las mismas.

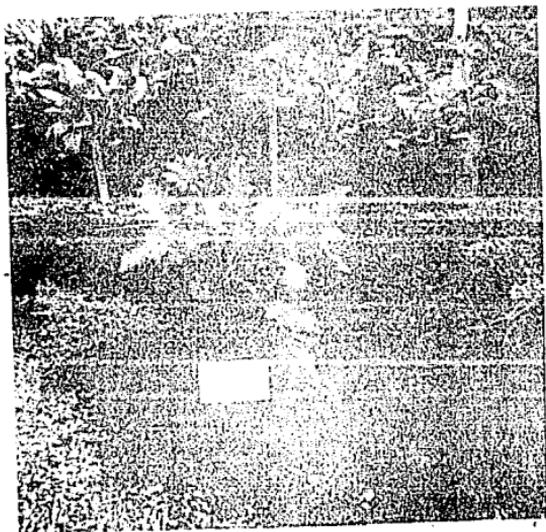


Figura 13. Gb 8 T₂ flor amarilla 136 C, cambio contrastante total con el color típico 164 C naranja, que se muestra en la flor de la izquierda en la misma planta.



Figura 14. Esta figura muestra una flor de amarillencia quimérica en Gb 8 T₂, nótese el betonado alternado de colores 164 C (naranja), normal y 136 C (amarillo).

Para Gb 6 Pascal (roja), Cuadro 15, tenemos que en general, no hubieron cambios en características agronómicamente deseables, que pudieran servir para obtener nuevos cultivares, directa ó indirectamente, pues en cuanto a color de flor, principalmente, no hubo cambio en éste cultivar.

Por lo que respecta a forma de flor, hubieron flores más pequeñas y sin anteras, Figura 15, que no son características deseables en sí. Así mismo, se detectaron varias flores anormalmente formadas (Figura 16). Pero se encontraron flores que tuvieron un diámetro mayor al normal, que sí puede ser una característica deseable.

Por lo que concierne a tallo de flor, hojas y aspecto general de la planta, por el momento, no se observaron cambios de utilidad práctica en éste cultivar.

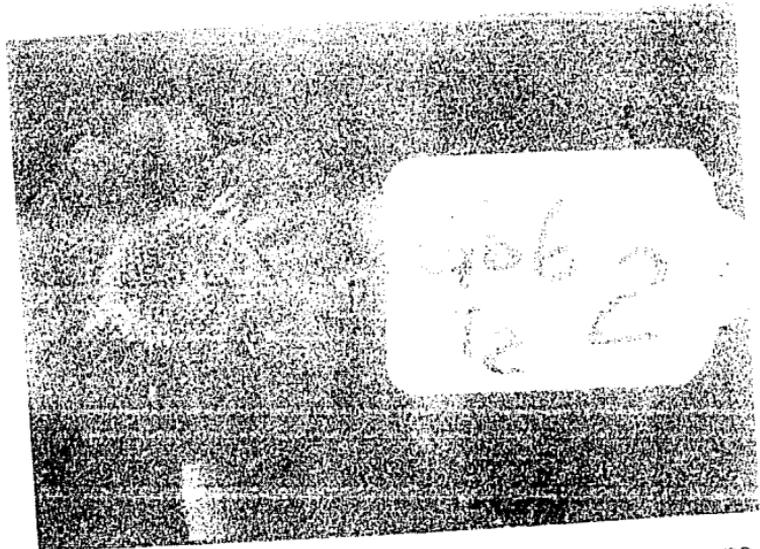


Figura 15. En ésta figura se muestra una flor que no presentó anteras del cultivar Gb 6 Pascal T₂ (1 000 rad.).

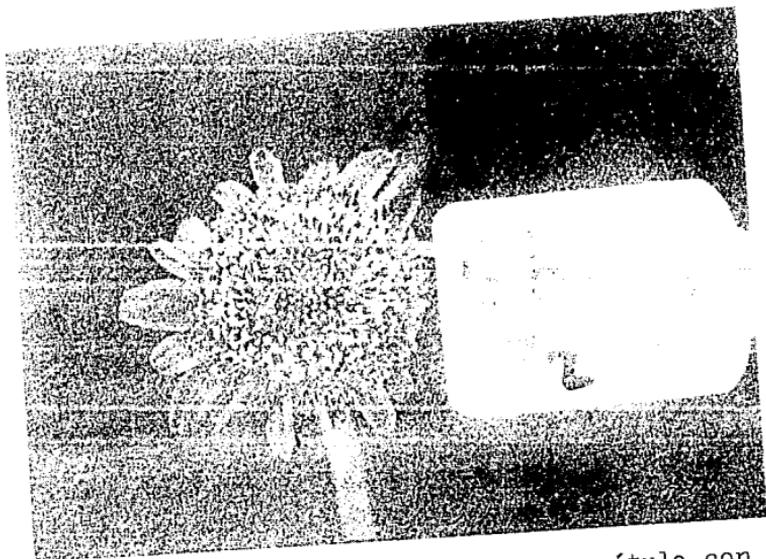


Figura 16. En ésta figura se observa un capítulo con las ligulas de las florecillas exteriores irregularmente formadas en el cultivar Gb 6 Pascal T₂ (1 000 rad.).

Finalmente, para Gb 9, Cuadro 16, tenemos que para la característica de color de flor, hubieron flores que cambiaron de color; de blanco que es lo normal en el testigo (0 rad), a amarillo 107 C en T_2 (1000 rad), como puede apreciarse en la Figura 17.



Figura 17. Plantas completas del cultivar Gb 9 María, donde se muestran algunos cambios observados por efecto del tratamiento mutagénico: Extrema izquierda Gb 9 T_2 36, planta de follaje muy vigoroso; al centro izquierda Gb 9 T_2 4, planta con flores de color amarillo cremoso 107 C; centro derecha Gb 9 T_1 3, planta testigo (0 rad); Gb 9 T_2 25, planta que produjo flores rizadas.

Al igual que en el cultivar Gb 8, para el color de éste cultivar se hizo un estadístico de prueba para Gb 9, el cual dió como resultado que sí existe relación entre el tratamiento y la frecuencia observada de colores de la flor.

En cuanto al tamaño y forma de la flor, fué más amplio el es-

pectro, con respecto a los otros cultivares, presentándose flores más pequeñas, flores en forma de crisantemo y flores con lígulas rizadas (Figura 18), que en sí, al igual que la que cambió de blanco a amarillo cremoso 107 C, pueden ser reproducidas vegetativamente, conservando dichas características.

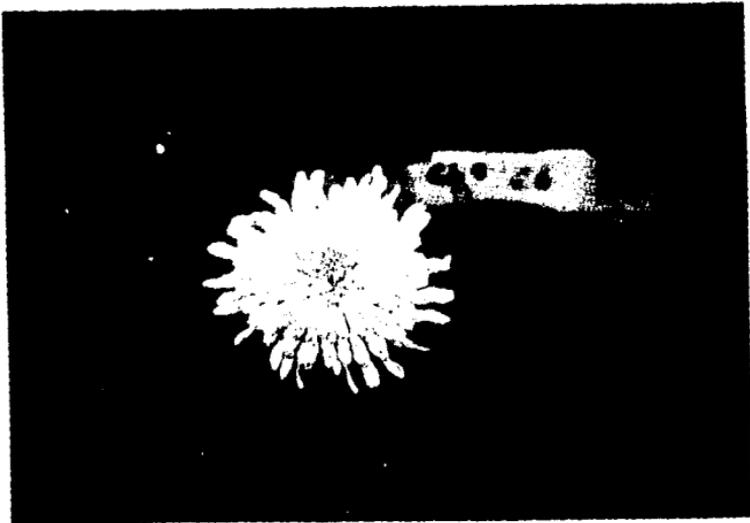


Figura 18. Flor de lígulas rizadas -órgano floral mutante "entero"-, en el cultivar Gb 9 María de T₂ (1 000 r.).

Hubieron también flores irregularmente formadas, un caso notable fué el de una flor que perdió toda la hilera exterior de flores liguladas, modificándose drásticamente su aspecto, como se muestra en la Figura 19.

Por otra parte, como se ve en el Cuadro 16, en la característica de tallo de flor, se presentaron individuos con tallos más largos, mientras que en el Cuadro 11, dice que no hay diferencia por efecto del tratamiento mutagénico, si se observa en el

Cuadro 7 un leve aumento en ésta característica, la cual es deseable y debiera incorporarse a toda la población que se produzca.

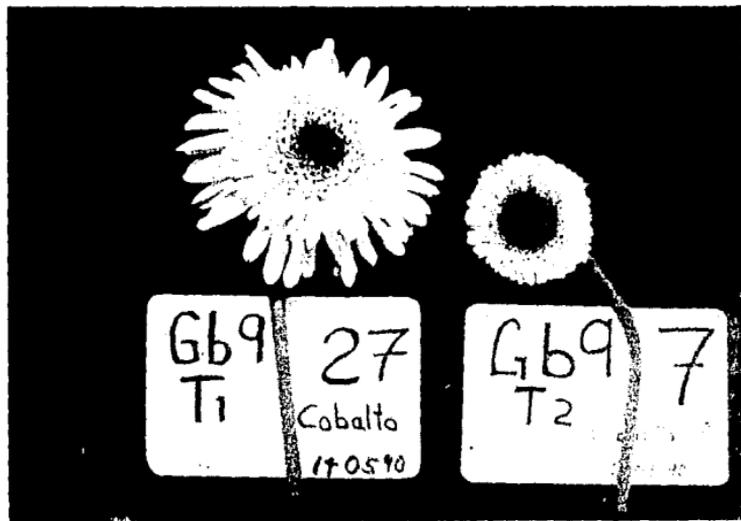


Figura 19. En esta figura se presentan: A la izquierda, flor de aspecto normal de T₁ (0 rad.), y a la derecha se aprecia una flor que perdió la hilera más externa de flores liguladas de T₂ (1 000 rad.). Nótese el aspecto modificado en comparación con la normal.

Se presentó también una planta con la característica de que sus flores poseían tallos bifurcados en la base, teniendo por tanto, dos flores por tallo que se ilustra en la Figura 20. Este cambio pudiera ser de utilidad pues aumentaría la productividad del cultivar, además de que habría de considerarse que éste mismo tallo mostró una buena resistencia mecánica para soportar a dos flores, por tanto, merecen ser considerados también para transmitir éstas características a otros cultiva-

res a través de un programa de mejoramiento genético.



Figura 20. En ésta Figura se muestra un escapo floral bifurcado, cuyas ramificaciones rematan en un capítulo cada una.

En el caso de cambios en las hojas, hubieron hojas con un tono más intenso de verde, hojas malformadas, menos lobuladas y unas plantas con hojas más vigorosas, como se muestra en la planta Gb 9 T₂ 36, en la extrema izquierda de la Figura 17. Y en la apariencia general de la planta, se notó un leve aumento del vigor de las mismas por efecto del tratamiento mutagénico.

Al igual que en los otros cultivares, las características que no son de utilidad práctica directa, pueden incorporarse a un mejoramiento genético adicional y someterse a la selección correspondiente, de acuerdo al objetivo de mejoramiento que se persiga.

También consideramos que las poblaciones trabajadas, deben se-

guirse evaluando, pues debido al corto periodo de toma de datos, al tipo de material empleado en el presente trabajo, y a la observación sólo de las características de calidad de flor y productividad de plantas, pudieran haber quedado enmascarados otros cambios en características que todavía no se expresan y que sirvieran para objetivos de mejoramiento genético futuros. Y aún en generaciones mutantes como M_2 , M_3 ó hasta M_n , pudieran manifestar cambios favorables, que en generaciones anteriores hayan quedado encubiertos.

Cabe mencionar que, los cambios producidos por el tratamiento mutagénico -como los que afectaron a l color de la flor- en algunos casos, pueden ser usados dichos cambios directamente como un nuevo cultivar si así se desea, mediante una reproducción masiva a través de propagación vegetativa, y/ó incluirlos a un mejoramiento genético adicional con algún método como puede ser el de irradiación recurrente del mismo material irradiado ó algún otro método de mejoramiento genético que más convenga.

Todos los cambios citados con anterioridad en caso de ser observados en otras generaciones como M_2 , podrían ser considerados como cambios genéticos y no tñ sólo como cambios a nivel de diferenciación como lo indica Trujillo, 1978.

Aunque tambien es conveniente señalar que hace falta hacer un estudio citológico, y de cariotipo complementario para cerciorarse de que los cambios aquí observados, son debidos ciertamente al tratamiento mutagénico, ya que existen reportes de que un cierto cambio atribuible en primera instancia al tratamiento mutagénico, resultó ser consecuencia de una contami-

nación del material genético usado y que sólo se manifestó, en alguna generación posterior.

Extensión afectada por el tratamiento mutagénico en plántulas de gerbera.

En cuanto al objetivo de inferir si los cambios producidos son en porciones de la planta, ó bien en individuos completos, para obtener una adecuada multiplicación de plantas que contengan dichos cambios y darles una utilidad práctica posterior, consideramos lo siguiente:

Inferimos que los cambios que se observaron en las plantas de los cultivares manejados, sucedieron primeramente en el material genético de la célula, que está constituido por genes y cromosomas; que forman en conjunto el genoma.

Así, como cada célula posee su propio material genético, implica que de éste modo, el evento mutacional sea unicelular. De tal manera que, considerando la radiosensitividad que presente cada célula, de la capa donde se ubique dicha célula en el meristemo original y aún el órgano en que se encuentre, se tiene que después de varias divisiones de células existan tejidos con diferentes características que interactúan bioquímica y fisiológicamente con otros tejidos, para que al final puedan manifestarse de la siguiente forma:

Cuando se tienen yemas formadas a partir de células no mutadas, dan origen a una plántula normal.

O bien, tejido mutado produciendo un mutante "entero", como fué el caso de la variedad Gb 9 María, donde obtuvimos flores de una misma planta que tuviera la característica de haber

cambiado de color (Cuadro 16), de un blanco normal en T_1 (O r.) a un amarillo cremoso 107 C, en T_2 , que se muestra en la Figura 17, y el caso de una planta que dió flores rizadas, que fué otro mutante "entero", que se aprecia en la Figura 18.

Sucedió también el caso de que hubieron plantas que mostraron flores individuales mutadas "enteras", pero que, fueron derivadas de plantas que al mismo tiempo dieron flores normales. Esto es debido, a la capacidad que tienen las plántulas de producir hijuelos en alguna de sus etapas de desarrollo y que los meristemas que dan lugar a los hijuelos que se presentan en una planta, son derivados de meristemas normales y mutados de la plántula que los originó, como sucedió en el cultivar Gb 8 Alicia en la característica de color de flor (Cuadro 14), una planta mostró sólo un hijuelo mutado "entero", con flores de un color 172 C (coral), mientras que los demás hijuelos de la misma planta dieron flores de color normal 164 C (naranja). Otro caso en el mismo cultivar fué el cambio en color de flores con lígulas que tuvieron dos tonos de color naranja 164 C hacia el exterior y 172 C coral, hacia el centro (Figura 12). Otra modificación fué el caso del cambio en el centro de la flor, que manifestó un color 172 C (coral).

Se observó también un cambio totalmente contrastante en éste cultivar, ya que surgió un color amarillo 136 C en flores (Figura 13), donde lo normal fué 164 C naranja.

Así también el cultivar Gb 9 María en la característica forma de flor, se obtuvieron mutantes "enteros" (Cuadro 16), presentándose flores con lígulas rizadas (Figura 18), y una flor parecida a un crisantemo, que se muestra en la Figura 21.



Figura 21. Gb 9 T₂ 25, detalle amplificado de las lígulas rizadas en algunos receptáculos; dando la apariencia de una flor de crisantemo, después del tratamiento con 1 000 rad.

En cuanto a otras características como son: Forma de hoja, apariencia de hoja, color de hoja, apariencia general de la planta, tamaño y forma del tallo de flor, existieron diferentes cambios, como en el cultivar Gb 8 Alicia (Cuadro 14), donde hubieron hojas más vigorosas, tanto como mal formadas y plantas con exceso de follaje; en el cultivar Gb 6 Pascal (Cuadro 15), hubieron tallos de flor más cortos y hojas más pequeñas; y en el cultivar Gb 9 María (Cuadro 16), hubieron tallos más cortos y malformados. Hubieron también hojas con un tono de verde más intenso, hojas mal formadas, menos lobuladas y más vigorosas.

Los cambios citados arriba son también manifestación de mutantes "enteros", que se presentaron en segmentos de la planta co-

mo en el caso de hijuelos; ó bien, en porciones meristemáticas de los hijuelos que dieron lugar a órganos mutantes "enteros", aunque el resto de los órganos de dichos hijuelos se manifestarán de forma normal.

Finalmente, la situación donde yemas constituidas por tejidos mutados y no mutados que se manifiestan intercalados en un sólo órgano, produciendo quimeras.

Dentro de ésta situación podemos citar el caso de Gb 8 Alicia (Cuadro 14), donde tuvimos la oportunidad de apreciar el surgimiento de flores de apariencia quimérica. De las cuales, dos capítulos tuvieron lígulas beteadas con sectores de color 164 C (naranja) + 136 C (amarillo), intercalados y una flor con colores intercalados en las lígulas, 164 C (naranja) + 123 C (amarillo), como la que se muestra en la Figura 14.

Todos los cambios anteriormente mencionados, tanto positivos como negativos en mutantes "enteros" y quimeras, pueden ser empleados en programas de mejoramiento genético.

Así podemos decir que cuando se trate de mutantes "enteros", éstos pueden ser propagados a través de la técnica de propagación adecuada, por ejemplo cultivo de tejidos, conservando así sus características en toda su progenie. Sin embargo, Hartman y Kester, 1980. mencionan que el éxito de reproducirlos asexualmente, depende de su estructura y estabilidad. Todos los tipos de quimeras -periclinales, mericlinales y sectoriales- son relativamente inestables y pueden revertir a uno y otro de los tipos de tejidos que los forman.

Cuando se tienen quimeras, es preferible recurrir a la irradiación de tejidos en cultivo y, de éste modo obtener mutantes

"enteros" desde un principio.

Considerando que existe una relación muy estrecha entre la aparición de mutantes y el tipo de material irradiado (plantas completas, órganos ó tejidos en cultivo), la condición ontogénica de la planta y al tipo de dominancia, con respecto al surgimiento de los brotes de la planta.

Precisamente la utilidad de todo éste tipo de cambios, depende del programa de mejoramiento en que se empleen. Sin embargo, dichos cambios no forzosamente están obligados a manifestarse en las plantas irradiadas (M_1), sino en plantas que se originen de las cruza con plantas tratadas que puede ser en la M_2 ó M_3 , hasta M_n . Por ello, creemos conveniente que el conjunto de plantas que se han venido evaluando, deben ser observadas y estudiadas en futuros trabajos.

VI. CONCLUSIONES.

Dosis aplicadas.

De las dosis de radiación aplicadas, la que dió mejores resultados fué la de 1 000 rad. en los tres cultivares. Las plántulas tratadas con 2 000, 3000 y 4 000 rad., murieron por que las dosis son considerablemente altas para las plántulas de los tres cultivares empleados.

Las plántulas tratadas con 1 000 rad., tuvieron cambios en cuanto a color en los cultivares Gb 8 Alicia (naranja a coral y amarillo), y Gb 9 María (blanco a amarillo), pero en Gb 6 Pascal, no hubo cambio alguno. En los tres cultivares hubieron cambios en forma y tamaño de flor, así mismo, en longitud y forma del tallo y otras características de menor interés.

Efectos mutagénicos sobre diversas características relacionadas con la calidad de la flor.

En las características relacionadas con la calidad de la flor como: diámetro de flor, diámetro de centro, diámetro de tallo y longitud de tallo, no se manifestaron estadísticamente cambios por el efecto del tratamiento mutagénico. Pero posiblemente, existen cambios en las poblaciones tratadas de los tres cultivares manejados y se manifiesten en alguna generación posterior. La característica número de flores, tampoco resultó afectada por el tratamiento mutagénico.

El número de hijuelos por planta en Gb 6 Pascal, resultó afectada pero, en la población que recibió el tratamiento, el efecto fué negativo, reduciendo estadísticamente, el número de hijuelos por planta. Aunque, deben considerarse los cambios fenotípicos

tipicos observados y según sea necesario, discriminar los resultados estadísticos.

Extensión afectada por el tratamiento mutagénico en plántulas de gerbera.

Los cambios producidos que se observaron, son resultado de el efecto mutagénico en células que forman tejidos meristemáticos que al desarrollarse, originan diferentes órganos que a su vez, están constituidos de tejidos normales, mutados y en ocasiones de una combinación de ambos.

Para la obtención masiva de mutantes "enteros" con características deseables, tanto de órganos ó individuos mutantes completos, así como de quimeras, es posible su multiplicación directa, mediante la técnica de cultivo de tejidos, por la cual no se alteran las características favorables que se presentaron en uno o pocos individuos de la población inicialmente tratada.

Los individuos producidos que contengan características favorables pueden entonces ya ser usados como nuevos cultivares o bien, integrarlos a un programa de mejoramiento genético.

Finalmente, y para concluir éste trabajo, sólo nos resta citar globalmente la importancia y el potencial del mejoramiento por mutaciones, en cuanto a la contribución que a la variabilidad genética de ésta especie se hace, misma que es útil para la obtención de nuevos cultivares ó mejorar las características de los ya existentes y, con ello crecer en un momento dado, nuevos cultivares de gerbera producidos en nuestro país, con recursos propios y con buenas características para comercializarlas y cooperar en éste sentido al fortalecimiento de la actividad florícola en México.

VII. BIBLIOGRAFIA.

1. ALBERTON, J., et al. 1981, Multiplicación y cultivo de la gerbera. In: Diez temas sobre plantas ornamentales. Ministerio de agricultura. Madrid, España. 217 p.
2. ALLARD, R.W. 1976. Principles of plant breeding. John Wiley & Sons Co. New York. 485 p.
3. AMERICAN ASSOCIATION OF GRAPHIC ARTS. 1982. Pantone II Tables: Chromatic systems. New Jersey. 125 p.
4. ARMENTA, P.M.C. 1989. Producción in vitro de plantas de gerbera (Gerbera jamesonii H. Bolus) Tesis. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. México. 66 p.
5. BALDWIN, R.E. 1983. Genética elemental. Ed. Limusa. México, D.F. 321 p.
6. BOWEN, H.J.M. 1965. Mutation horticultural chrysanthemums. In: The use of induced mutations in plant breeding. FAO/IAEA. Symposium Publications Division, Pergamon Press. Roma. 832 p.
7. BROERTJES, C. 1965. Mutation breeding research in some vegetatively propagated plants. In: The use of induced mutations in plant breeding. FAO/IAEA. Symposium Publications Division, Pergamon Press. Roma. 832 p.
8. BROERTJES, C. 1969. Induction and utilization of breeding methods in vegetatively propagated species. In: Induced mutation in plant. FAO/IAEA. Vienna. 748 p.

9. CORTEZ, B. F. 1980. Histología vegetal básica. Ed. Blume. Madrid. 125 p.
10. DANIEL, W. W. 1987. Bioestadística: base para el análisis de las ciencias de la salud. 3a. ed. Limusa. México, D. F. 667 p.
11. DUBEC - LEBREUX, M. A.; VIETH, J. 1987a. The effects des rayons ^{60}Co sur des tillages de Gerbera jamesonii irradiés in vitro. Canadian journal of botany. 65 (2) 261 - 267.
12. DUBEC - LEBREUX, M. A.; VIETH, J. 1987b. Effects des rayons ^{60}Co sur des vitro plants haploïdes et diploïdes de Gerbera jamesonii. Canadian journal of botany. 65 (10) 2074 - 2083.
13. ESAU, K. 1976. Anatomía vegetal. Ed. Omega. Barcelona, España. 779 p.
14. FALCONER, D. S. 1977. Introducción a la genética cuantitativa. Ed. Cecsá. México, D. F. 430 p.
15. FONDO DE GARANTÍA Y FOMENTO PARA LA AGRICULTURA, GANADERIA Y AVICULTURA. (F.I.R.A.) BANCO DE MEXICO. 1981a. Participación del F.I.R.A. en apoyo a la horticultura ornamental. F.I.R.A. México, D.F. 341 p.
16. FONDO DE GARANTIA Y FOMENTO PARA LA AGRICULTURA, GANADERIA Y AVICULTURA (F.I.R.A.) BANCO DE MEXICO. 1981b. Memoria del seminario sobre manejo y conservación de frutas, hortalizas y flores, efectuado en Guadalajara, Jalisco, 21 - 25 abril 1980. División de agricultura. México. 341 p.

17. GARBER, E. D. 1980. Introducción a la citogenética. Ed. Cecsá. 248 p.
18. GARDNER, E. J. 1982. Principios de genética. Ed. Limusa. México, D. F. 716 p.
19. GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO, (G.E.M.), SECRETARIA DE DESARROLLO ECONOMICO. Dirección general de desarrollo regional. 1989. 1a. expo-flor 89. México. Gobierno del Estado de México. Toluca, México. 48 p.
20. GOMEZ, V. H. C. 1989a. Apuntes de la materia: Tecnicas de mejoramiento de plantas. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Ingeniería Agrícola, U.N.A.M. México. 312 p. Inédito.
21. GOMEZ, V. H. C. 1989b. Mejoramiento genético de gerbera: caracterización de variedades de gerbera (\bar{x} de datos en cinco años). Inedito. México. 214 p.
22. GOUD J. V. 1979. Use of induced mutations in the improvement of quantitative characters. Symposium on the role for induced mutations. Department of genetics. Osmania University. Hyderabad, India. 459 p.
23. HARTMAN, D. E. 1980. Propagación de plantas, principios y prácticas. Ed. Cecsá. México, D.F. 814 p.
24. HERSKOWITZ, I. H. 1982. Genética. Ed. Cecsá. México, D. F. 765 p.
25. HOEL, P. G. 1971. Elementary statistics. third edition. John Wiley sons, inc. New York. 309 p.

26. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. (I.A.E.A.). 1977. Types of mutations. In: Manual on mutation breeding. Second edition. Technical report series no. 119 joint. IAC/IAEA. División of atomic energy in food and agriculture. Vienna. 286 p.
27. JONES, S. 1987. Sistemática vegetal. 2a. ed. Ed. Mc Graw Hill. México, D. F. 556 p.
28. KENNEDY, J.; NEVILLE, A. M. 1982. Estadística para ciencias e ingeniería. 2a. edición. Ed. Harla. México, D.F.
29. LARSON, S. A. 1988. Introducción a la floricultura, cultivos menores de flores de corte. Ed. A.G.T. México, D. F. 163 - 188 p.
30. LEON, A. 1978. Genética de la evolución: aspectos cuantitativos. U.N.A.M. México, D. F. 246 p.
31. LEVINE, R. P. 1982. Genética. Ed. Cecsá. México, D. F. 237 p.
32. LOMA, J. L. De la. 1970. Historia, modalidades, importancia y utilización de las mutaciones. In: Simposium mexicano sobre mutaciones. Colegio de postgraduados. Rama de genética. Chapingo, México. 144 p.
33. LOMA, J. L. De la . 1985. Genética general y aplicada. Ed. Uteha. México, D. F. 752 p.
34. MORALES, G. J. A. 1987. Selección de subpoblaciones de trigo, (T. aestivum) obtenidas por irradiación recurrente. Tesis. Montesillos, México. 55 p.

35. INTZOW, N. y KOCH, A. 1965. Induced mutations and breeding methods in vegetatively propagated plants. In: The use of induced mutations in plant propagated plant. FAO/IARA Symposium publications division. Pergamon Press. Roma 832 p.
36. ROEHMAN, J. M. 1986. Breeding field crops. Avi publishing company. Connecticut. 724 p.
37. ROY, H. L. Le. 1970. A B C de la genética de poblaciones. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 167 p.
38. SANFIELD, W. D. 1984. Teoría y problemas de genética. Serie de compendios Schaum. 2a. ed. Mc Graw Hill. México, D. F. 405 p.
39. SAVAGE, J. M. 1979. Evolución. Ed. Cecsá. México, D. F. 175 p.
40. SCHOLZ, F. 1976. Experience and opinions on using mutants in cross breeding. In: induced mutations in cross breeding. Organized by the joint FAO/IAEA. División of atomic energy in food and agriculture. Vienna. 255 p.
41. SMITH KEARY, 1982. Genética, estructura y función. Publicaciones cultural S. A. México, D. F. 367 p.
42. SPIDE, P. L.; et al. 1984. Genética aplicada. U.N.A.M. México, D. F. 219 p.
43. SOSA CH, E., HERNANDEZ, A. M. 1983. Radiaciones ionizantes en el mejoramiento de especies vegetales. UAEM. Coordinación de investigación científica. México. 65 p.

44. STRICKBERGER, M. W. 1978. Genética. Ed. Omega. Barcelona, España. 937 p.
45. TERRANIGRA, B. 1989. Descripción del cultivo de la gerbera. Boletín especial. Terra Nigra, Cu. México, D. F. 4 p.
46. TORRIE, J. H. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. 2a. ed. Ed. Mc Graw Hill. México, D. F. 622 p.
47. TRUJILLO F. R. 1970. Las mutaciones en las plantas cultivadas. Simposium mexicano sobre mutaciones. I. Chapingo, México. Colegio de postgraduados. Rama de genética. 144 p.
48. TRUJILLO, F. R. 1978. Efecto de las radiaciones ionizantes, gamma cobalto Co^{60} en *Gladiolus* sp. I. variedad San Luis. Colegio de postgraduados. Chapingo, México. Sobre-tiro de agrociencia 31 - 2.
49. WEIER, T.E.; STOCHING, C.R. 1980. Botánica. 5ª Edición. Ed. Limusa. México, D.F. 741 p.