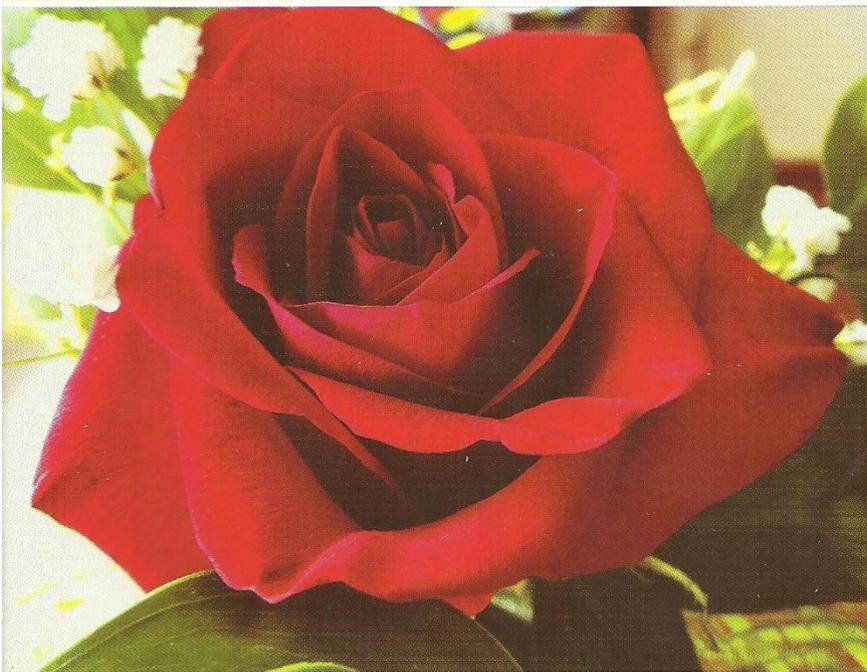


# Mejoramiento genético de ornamentales del Estado de México

M.C. Guadalupe Ramírez Zea  
Dr. José Luis Chávez Servia



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO





## GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO

### Mejoramiento genético de ornamentales del Estado de México

Primera edición: 2014  
Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria,  
Acuícola y Forestal del Estado de México-ICAMEX

DR © Gobierno del Estado de México  
Secretaría de Desarrollo Agropecuario  
Instituto de Investigación y  
Capacitación Agropecuaria,  
Acuícola y Forestal del  
Estado de México-ICAMEX

Tel. (01 722) 2 32 26 46  
icamexdg@edomex.gob.mx

[www.edomex.gob.mx/icamex](http://www.edomex.gob.mx/icamex)



Impreso y Hecho en México

No. de autorización: CE/207/C/041/14

Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra -incluyendo las características técnicas, diseño de interiores y portada- por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía, el tratamiento informático y la grabación, sin la autorización previa del Gobierno del Estado de México. Si usted desea hacer una reproducción parcial de esta obra sin fines de lucro, favor de contactar al Consejo Editorial de la Administración Pública Estatal.

La distribución de esta obra es gratuita.

# Contenido

Presentación

2

3

Introducción

Conceptos generales de  
mejoramiento genético  
de ornamentales

4

6

Mejoramiento genético de rosa,  
crisantemo, gladiola y nochebuena

6

Mejoramiento por mutagénesis en rosa  
Biología de rosa (*Rosa* híbrida)  
Grupos de variedades comerciales de rosas  
Propuesta de mejoramiento genético de rosa  
por mutagénesis

9

Métodos de mejoramiento en crisantemo

11

Métodos de mejoramiento en gladiolo o gladiola

12

Métodos de mejoramiento en nochebuena

Perspectivas de introducción al  
cultivo de plantas silvestres con  
potencial ornamental

13

14

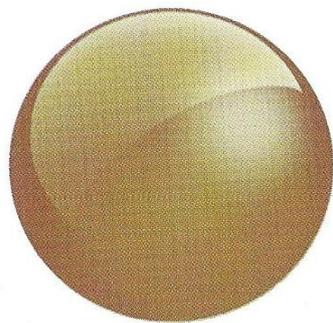
Bibliografía

# Presentación



En el Estado de México, el crecimiento demográfico representa un reto día por día, de ser más competitivos, dinámicos y eficientes para producir más y mejores alimentos, a través de mejores tecnologías que permitan incrementar la producción, cuidar los recursos y el medio ambiente, y mejorar el nivel socioeconómico de los productores agropecuarios.

Los trabajos de investigación y capacitación agropecuaria en el Estado de México se realizan, desde hace más de 60 años, dos actividades sustantivas para el desarrollo agropecuario: la investigación y la capacitación agropecuaria, logrando la generación de tecnologías exitosas que han adoptado un sinnúmero de productores de la entidad. Asimismo, han participado otros institutos de investigación y de educación de manera individual o coordinada, con el desarrollo de nuevas tecnologías, que también se han transferido a los productores agropecuarios.



Para dar continuidad a la difusión y transferencia de tecnología el ICAMEX, en coordinación con el Grupo Produce del Estado de México, A.C. pone a disposición de productores agropecuarios y público en general el folleto "Mejoramiento genético en ornamentales" como un trabajo de investigación desarrollado en 2013, con los resultados obtenidos se podrán generar nuevas variedades florícolas a fin de que se difundan para su uso y adaptación por productores florícolas con el propósito de que adopten nuevas tecnologías que les permitan mejorar la rentabilidad de sus actividades productivas y ser más competitivos a nivel nacional e internacional.

# Introducción

Actualmente, 90% de la producción florícola está destinada a satisfacer el mercado local y nacional, principalmente a las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey; por lo que alrededor de 10% de la producción se exporta como flor de corte y esquejes. Estas cifras indican la enorme demanda del mercado nacional y un balance a favor del agricultor en las tasas del retorno de capital, en la actividad. Sin embargo, es conveniente incrementar los niveles de exportación de flores e incrementar la superficie y variedad de especies cultivadas. No obstante, depende en la mayoría de casos del 100% de las variedades importadas como propágulos o semillas. Esto crea una dependencia del exterior por material vegetal e incrementos en los costos de producción. En particular, en la región de Villa Guerrero, Estado de México, la situación es evidente y depende totalmente de variedades importadas para la siembra de 2,000 hectáreas de crisantemo y de 600 ha de rosa, debido a que en México no existen programas de mejoramiento genético de flores y las acciones realizadas en esta materia han generado escaso número de variedades sin la adecuada difusión.

Por otro lado, un programa de mejoramiento genético tiene como materia prima la variación genética existente o la que pueda generar. También es importante entender las características y naturaleza de la variación genética al alcance del fitomejorador. Para los casos de crisantemo, rosa, gladiola, clavel y otras especies de importancia comercial regional, la variación genética no es nativa y se reduce al conjunto de variedades introducidas al cultivo en los últimos 20 o 30 años, en manos de los productores. Es decir, en México no se cuenta con variación genética natural endémica y sólo se puede acceder a la introducción de nuevo material genético, a las variedades comerciales que existen en el mercado o a la generación de variabilidad genética por recombinaciones de materiales introducidos, ya sea silvestre y/o comercial, y a la inducción de variabilidad mediante mutaciones inducidas.

Partiendo de lo anterior, en México no existen acervos genéticos nativos de los principales cultivos florícolas comerciales, es necesario que los fitomejoradores ubicados en México, y específicamente en el Estado de México, puedan inducir variabilidad genética por mutagénesis, porque pueden acceder al Instituto de Investigaciones Nucleares que cuenta con un reactor nuclear para irradiar propágulos o semillas de plantas y con ello generar mutaciones heredables útiles para el mejoramiento genético de especies florícolas. Al respecto, cabe hacer notar que la aplicación de la técnica de mutaciones con rayos gamma y otros mutágenos físicos y químicos han generado una vasta cantidad de variabilidad genética y ha jugado un papel significativo en los estudios de mejoramiento genético en plantas. Por ejemplo, hasta el año 2008 oficialmente se habían reportado 2,700 variedades de plantas obtenidas por mutaciones inducidas en 170 especies. Aunque no es frecuente observar mutaciones en un gen en particular es posible considerar que una planta superior puede tener hasta 100,000 genes en una célula. Ello significa que cada planta puede transmitir a la próxima generación una o más mutaciones espontáneas, pero resulta difícil determinar las mutaciones de genes sin expresión fenotípica (Novak y Brunner, 1992).

Las mutaciones inducidas en las especies florícolas han sido de enorme relevancia comercial. Por ejemplo, desde la obtención de variaciones en color y otros caracteres de flor en crisantemo (Ramírez, 1992a,b; 1994a; Nagatomi *et al.*, 1996; Ueno *et al.*, 2002; Ueno *et al.*, 2004; Ikegami *et al.*, 2005), en clavel (Ramírez, 1994b; Okamura *et al.*, 2003; Okamura *et al.*, 2006), en rosa (Yamaguchi *et al.*, 2003), en torenia (Miyazaki *et al.*, 2006) y en ciclamen (Sugiyama *et al.*, 2008), entre otras especies.

En este contexto y con base en la variabilidad genética a la que puede acceder un fitomejorador en el Estado de México, en el presente escrito se enumeran diferentes estrategias genotécnicas que pueden servir de orientación al interesado en emprender un programa de mejoramiento genético de las principales especies de explotación comercial y con algunas perspectivas para la introducción al cultivo y mercado de las especies endémicas con potencial ornamental y florícola.

## Conceptos generales del mejoramiento genético de ornamentales

La producción de ornamentales en México es incipiente a pesar de que pequeñas y medianas empresas han hecho esfuerzos por mejorar la infraestructura de producción, a través de personal cada vez más capacitado. No obstante, podría asumirse en general, como una producción campesina frente a grandes consorcios internacionales de Estados Unidos, Holanda, Dinamarca, Italia, Bélgica, España, Israel, Alemania, Francia y las incipientes empresas de Colombia, Ecuador, Costa Rica y Brasil (Chalate-Molina *et al.*, 2008).

En términos de los volúmenes de producción, en México la mayor producción de flores de corte se concentra en crisantemo, gladiola, rosa, polar, nardo, nube, girasol, solidago, alhelí, margarita, zempoalxóchitl, terciopelo, estatices y azucena, entre otras (Cuadro 1). No obstante, a excepción de alguna fracción de rosas, todas se destinan para el mercado nacional (90 a 95%). Sin embargo, todo el material genético de las principales especies proviene de importaciones de Estados Unidos y Holanda, entre otros. Esto crea una dependencia completa del germoplasma, y en el peor de los casos, el material de trasplante o siembra proviene de generaciones avanzadas de propagaciones vegetativas, sucesivas de los materiales originales y sin garantías de calidad y sanidad. Es decir, no hay un control del material madre.

Los mercados locales, tianguis, centrales de abasto, calles de municipios o de las localidades de producción e invernaderos, son los principales mecanismos de comercialización de las flores en México. Esto aunado a que lo mayoría son pequeños productores con una infraestructura básica compuesta de túneles, microtúneles o invernaderos rústicos sin control del ambiente, hacen cada vez más difícil la actividad. Además, los productores utilizan las variedades tradicionales desde hace más de 15 o 20 años en el mercado regional o nacional, obtienen su material vegetativo con los vecinos o empresas familiares regionales y excepcionalmente de empresas extranjeras con representantes en México (Chalate-Molina *et al.*, 2008). Independientemente del origen del material vegetal, el costo es alto para tener acceso a material madre. Por consiguiente, *existe una gran demanda de variedades de plantas ornamentales a generarse en México y a menor costo.*

**Cuadro 1. Estadísticas de producción de flores de corte en México durante 2012 (SIAP, 2013).**

Cultivo	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Producción (ton)	Precio medio (pesos/ton)	Valor de la producción (miles de pesos)
Crisantemo (gruesa)	2,466.8	2,466.8	9,655,152.2	110.6	1,067,947.2
Gladiola (gruesa)	3,805.5	3,805.5	3,892,805.0	211.7	823,920.5
Lilium (gruesa)	150.5	150.5	464,479.6	603.1	280,105.4
Rosa (gruesa)	84.0	84.0	114,741.2	310.2	35,589.9
Polar	80.0	80.0	189,966.0	1,807.2	35,448.5
Nardo (gruesa)	231.4	231.4	259,709.0	133.2	34,598.3
Nube	977.7	977.7	801,139.5	2,281.6	23,990.6
Girasol (gruesa)	211.0	202.0	91,722.0	220.2	20,198.8
Solidago (manejo)	60.5	60.5	2,987,530.0	5.4	16,130.7
Alheli	851.4	851.4	736,270.2	1569.1	12,116.6
Margarita (manejo)	48.5	48.5	440,417.3	27.3	12,015.1
Zempoalxochitli (manejo)	181.0	181.0	523,388.8	21.5	11,250.7
Terciopelo (manejo)	242.0	242.0	422,642.1	15.5	6,557.6
Estatice (manejo)	25.0	25.0	653,310.0	9.7	6,365.8
Azucena (gruesa)	43.0	43.0	13,850.0	174.5	2,417.4
Flor perrito	101.5	101.5	823.5	1,332.4	1,097.2
Áster (Manejo)	7.0	7.0	91,500.0	11.3	1,035.8
Pon-pon (gruesa)	4.0	4.0	6,200.0	144.0	892.8
Limonium (manejo)	2.0	2.0	11,840.0	8.0	94.7
Alpiste ornamental	3.0	3.0	2,850.0	15.0	42.8
Linaza ornamental (manejo)	2.0	2.0	1,700.0	25.0	42.5
Trigo ornamental	3.0	3.0	4,650.0	7.0	32.6
Flores varias	1,034.9	1,025.9	429,817.3	12,168.8	238,694.4
<i>Total</i>	<i>10,615.6</i>	<i>10,597.6</i>	<i>21,796,503.4</i>	<i>--</i>	<i>2,630,585.8</i>

En mejoramiento genético de ornamentales se emplean diversos métodos de mejoramiento desde el tradicional hasta la transformación genética. Es decir, se hace uso de todas las herramientas biotecnológica disponibles, desde el cultivo de tejidos, hibridación tradicional, mutagénesis, genómica y transgénesis. A continuación se hace un breve resumen de las principales estrategias utilizadas. De acuerdo con Escandón *et al.* (2010), las estrategias más utilizadas en ornamentales son:

- Cultivo de tejidos e inducción de variación somaclonal.* Se emplea en el mejoramiento de numerosas especies como crisantemos, gladiola, gardenia, orquídeas, etc., tanto con fines de micropropagación a mayor escala como también para obtener plantas libres de patógenos y producir nuevas variedades en cultivo *in vitro*.
- Cruzamientos convencionales para obtener híbridos.* Esta una técnica común en diversos cultivos para generar variabilidad genética o combinaciones genéticas. Generalmente se utiliza para generar combinaciones genéticas deseables o inducir variabilidad para implementar un sistema de selección recurrente, y a partir de ello generar líneas o variedades de alto valor en el mercado.
- Transformación genética y selección asistida por marcadores moleculares.* Existen diferentes ejemplos donde se han utilizado la transformación o ingeniería genética. Entre los más relevantes están:
  - Cantidad de pétalos.
  - Modificación de cloraciones clásicas de pétalos. Un mismo color puede estar dado por distintos tipos de pigmentos, e incluso cambiar según las condiciones del entorno. El color de las flores se debe básicamente a tres tipos de pigmentos: flavonoides (incluye antocianinas que dan las coloraciones azules, rojo o naranja), carotenoides y betalainas.
  - Incremento de fragancias.
  - Resistencias a hongos, insectos y virus.
  - Prolongación de la vida poscosecha

- Modificaciones de estructuras; por ejemplo, número de ramas, enanismos, etc.
- d) Genómica en ornamentales. Integración de mapas genómicos a manera de consorcios de alcance mundial. Por ejemplo: *Genome Database for Rosaceae*, *Begonia*, y *Sol Genomic Network*, entre otros. En este apartado también se incluyen los mapas de ligamiento de diversos marcadores.

## Mejoramiento genético de rosa, crisantemo, gladiola y nochebuena

### Mejoramiento por mutagénesis en rosa

#### Biología de rosa (rosa híbrida)

La *Rosa* sp. es endémica de las regiones templadas del hemisferio norte que incluye, Norteamérica, Europa, Asia y Medio Oriente, el oeste de China es la región de mayor diversidad genética entre y dentro especies (Phillips and Rix, 1988). *Rosa x hybrida* no es una especie en el sentido botánico pero aquí la utilizaremos para denominar todas las rosas cultivadas del género *Rosa*. La rosa pertenece a la familia de las Rosaceae y está relacionada con numerosos frutales como manzana, pera y varios *berries*. Varía en su número de cromosomas desde  $2n=2x=24$  hasta  $2n=8x=56$ , con varias especies diploides o tetraploides. La rosa cultivada generalmente es triploide o tetraploide (Routet *al.*, 1999).

Las dificultades en la clasificación taxonómica del número de especies en *Rosa* han dado lugar a una estimación de 100 a 250 especies de acuerdo al clasificador y caracteres utilizados para su clasificación. Históricamente en el imperio romano alrededor del siglo XVI, fueron mantenidas cinco especies de rosa: Gallica (*Rosa gallica*), Alba (*R. alba*), Damasca (*R. damasena*), Centrifolia (*R. centrifolia*) y rosa Moss (*R. centrifolia moscosa*) o grupo gigantea. Posteriormente, en la última parte del siglo XVI, se cruzaron las rosas europeas con el grupo chino (*R. chinensis* x *R. gigantea*) y dieron a una gran variedad de rosas con variados colores y fragancias (híbridos de té), y se constituyeron en un nuevo grupo. A partir de esos cruzamientos y posteriores tenemos ahora una enorme gama de especies utilizados comercialmente, usualmente (Yong, 2004; Flowers, 2011): *Rosa moschata*, *R. gallica*, *R. damasena*, *R. wichuraiana*, *R. californica* y *R. rugosa*.

#### Taxonomía:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Rosidae
Orden:	Rosales
Familia:	Rosaceae
Subfamilia:	Rosoideae
Tribu:	Roseae
Género:	Rosa





Las hojas del rosal son pecioladas e imparipinadas con 5 a 9 folíolos de borde aserrado y estípulas basales. Las flores se agrupan en inflorescencias racimosas, son completas y hermafroditas; regulares, con simetría radial (actinomorfas). El perianto está bien desarrollado. El hipantio o receptáculo floral prominente en forma de urna. El cáliz es dialisépalo, de 5 piezas de color verde. Los sépalos pueden ser simples o a veces con lobulaciones laterales. Corola dialipétala, simétrica, formada de 5 pétalos regulares (o múltiplos de 5), a veces escotados, y de variados colores llamativos, desde blancos. El androceo está compuesto por numerosos estambres dispuestos en espiral (varios verticilos), generalmente en número múltiplo de los pétalos (5x). El gineceo apocárpico. Perigina (ovario medio), numerosos carpelos uniovulados, así cada carpelo produce un aquenio. El racimo floral da lugar a una infrutescencia conocida como cinorrodón o escaramujo, de múltiples frutos secos pequeños (poliaquenio) separados y encerrados en un receptáculo carnoso (hipantio) y de color vistoso cuando está maduro. Cada aquenio contiene de 5 a 25 semillas (Yong, 2004).

### Grupos de variedades comerciales de rosas

Una clasificación genérica de rosales es: silvestres, antiguos y modernos. En estos últimos son de enorme importancia comercial: a) arbustivos, b) híbrido de té, c) floribunda, d) grandifloras, e) polyantha, f) trepadores, g) sarmentosos, h) pernetianas, i) colección inglesa, j) robustos canadienses, k) miniatura, l) tapizantes, m) de jardín o traspatio, entre otros. Obviamente que los rosales de corte, de jardín o maceta (híbridos de té), floribunda, glandiflora, polyantha y miniatura son los que acaparan los principales mercados internacionales. Aunque no se descartan los rosales antiguos ni silvestres como fuentes de genes para el mejoramiento genético actual (Flowers, 2011).

**Arbustivas.** Es un grupo muy peculiar y parecido a los rosales antiguos. Suelen formar setos o barreras de jardín o delimitación de terrenos. La característica de tallo espinoso, los hace una excelente barrera, y las flores en racimos de colores variados desde blancos los hace muy vistosos. Son arbustos grandes y la mayoría florea continuamente si las condiciones de clima lo permiten.

**Híbridos de té.** Es el grupo más grande, popular, más plantado y más conocido, es el más conocido a nivel mundial con miles de variedades que se han adaptado a todas las condiciones de cultivo y pueden florecer en cualquier época del año si las condiciones lo permiten, no olvidar que el género es del hemisferio norte y requiere, en algún momento, no elevadas temperaturas. Son arbustos bajos, de flores grandes y florecen a lo largo del año, algunas variedades están especialmente creadas para flor cortada. También hay variedades más perfumadas que otras.

**Floribunda.** Las flores son más pequeñas que los Híbridos de Té, y están en racimos, dando un enorme colorido al lugar donde se plantan. Son de

floraciones continuas y también existe una enorme cantidad de variedades de diversos colores.

**Polyantha.** Son muy parecidas a Floribunda, son arbustos compactos, de follaje espeso con ramas múltiples e inflorescencias racimosas. También de flores pequeñas y hay en el mercado un alto número de variedades.

**Trepadoras.** Son rosales de crecimiento indeterminado con tallos que le permiten trepar en cercos, paredes, vallas, muros, arcos, columnas o porches. Esto permite que puedan formarse figuras mediante un sistema de podas y de conducción de las guías. Las variedades son de tres tipos: a) de floración continua y flores grandes, b) floración continua y de flores pequeñas en ramilletes, y c) de una floración al año y abundante. En esta clasificación pueden haber las sarmentosas o enredaderas.

**Miniatura.** Los rosales pequeños no sobrepasan los 30 cm de altura, son de floración continua y de flores pequeñas en ramilletes. Cada vez están ganando lugar en los mercados de flores en maceta.

**Tapizantes.** No son muy conocidos. Son rosales rastreros donde los tallos se conducen y crecen a ras de suelo y emiten numerosas raíces. Algunas variedades dan sólo una floración en el año y otras son de floración continua.

### **Propuesta de mejoramiento genético de rosa por mutagénesis**

En *Rosa* sp. se usan dos métodos que generan variabilidad genética; la hibridación o recombinación génica y posterior selección; y la mutagénesis clásica. En el primer caso, es necesario contar con una amplia base de acervos genéticos que ayudan a orientar la formación de combinaciones deseadas. A partir de la progenie resultante de la recombinación se pueden seleccionar genotipos particulares que suelen ser superiores en uno o más caracteres al presentado por las actuales variedades. El mejoramiento por mutagénesis es un método ampliamente utilizado, donde los genes son alterados por tratamiento de semillas u otras partes de la planta mediante mutágenos físicos o químicos. En el caso del mejoramiento de rosas por mutógenos, ha sido el más exitoso para generar diferentes variedades (Datta, 1997). Entre los mutágenos químicos usados en rosa están etil-metano-sulfonato (EMS), etilenamino, dietimetano sulfonato (DMS) y colchicina (Arnold *et al.*, 1998). En la determinación de la radiosensibilidad y dosis letal media con rayos gamma, las experiencias en rosa son altamente variables, desde 2 a 6 krad y también se ha probado la irradiación recurrente (Datta, 2009).

En el Cuadro 2, se presenta un esquema general de mejoramiento genético por mutagénesis en yemas vegetativas utilizando como fuentes de genes a los Híbridos de té (rosas grandes, *Rosa x hybrida*) de color rojo o rosa por ser las más demandantes en el mercado nacional e internacional.

En el proceso de mejoramiento (Cuadro 2), la fase de selección de estacas es crucial para el éxito en el mejoramiento genético por mutaciones en yemas axilares de rosa. Se recomienda seleccionar estacas con tres yemas de preferencia. Estas estacas se irradian en atados de 20 por nivel de krad.

**Cuadro 2. Esquema genotécnico general para el mejoramiento de rosa por mutagénesis, a través de yemas.**

Generaciones (mutante vegetativo, MV)	Proceso genotécnico	Características generales
Mo	Acervo genético base	Partes vegetativas <i>in vitro</i> o <i>in vivo</i> a tratarse con mutágenos físicos o químicos. Híbridos de té de flores grandes rojas o rosas.
M <sub>1</sub> V <sub>1</sub>	Inducción de mutagénesis en dosis de 3 a 5 krad Injertado de yemas irradiadas en portainjertos de <i>Rosa manetti</i>	Fisquejes con un promedio de tres yemas y un testigo sin irradiar. Injertar un mínimo de 50 yemas irradiadas por cada intervalo de irradiación (0, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 krad, rayos gamma usando como fuente cobalto 60).
M <sub>2</sub> V <sub>2</sub>	Planta seleccionadas obtenidas de forma vegetativa a partir de estacas de la generación M <sub>1</sub> V <sub>1</sub> .	La selección de mutantes o posibles quimeras se hará de acuerdo con las diferencias respecto al testigo sin irradiar. La selección puede iniciar en esta fase.
M <sub>2</sub> V <sub>3</sub>	Detección de quimeras y selección de mutantes	Se volverán a multiplicar por estacas de la generación M <sub>2</sub> V <sub>2</sub> .
2 a 3 generaciones	Selección y estabilidad de mutantes e integración de líneas mutantes deseadas	Selección y multiplicación de genotipos mutantes deseables e integración de una base de líneas mutantes para someterse a evaluaciones agronómicas.

Fuente: Esquema modificado de Novak y Brunner (1992).

Otra fase crucial es el enraizamiento de los patrones a injertar y donde se utiliza como base a *Rosa manetti* con el más común. Sobre los portainjertos *R. manetti* se injertan a menos 50 yemas para reproducir los posibles mutantes por yema. En forma común se utiliza el injerto de yemas en "T". Es importante asegurar un alto porcentaje de prendimiento para visualizar con precisión los posibles mutantes esperados. Una vez enraizados los injertos se llevarán a su evaluación agronómica bajo invernadero para observar los posibles mutantes (Cuadro 2).

## Métodos de mejoramiento en crisantemo

Las especies de crisantemos (*Chrysanthemum* = *Dendranthema* sp.) son originarias de China. El género *Dendranthema* pertenece a la familia *Asteraceae*. Según hileras concéntricas de inflorescencias, se pueden clasificar en sencillas de tipo margarita o múltiples del tipo pon-pon. Las hileras de flores simples son radiales y flores hermafroditas centrales.

Es la especie ornamental mundialmente más cultivada en todo el mundo. Tiene enorme importancia económica en Holanda, Gran Bretaña, Francia, Colombia, Estados Unidos y Canadá, entre otros. En Europa, Japón y Estados Unidos se tienen diferentes programas de mejoramiento genético privados que han formado un alto número de variedades de variabilidad en formas y colores de flores. Después de la rosa, el crisantemo sigue siendo la flor cortada más vendida en las subastas holandesas de flores, principalmente los colores blancos (40%), amarillos (31%) y violetas (11%).

El crisantemo (*Dendranthema x grandiflora* (Ram.) Tzvelev) es uno de los principales cultivos ornamentales en México donde anualmente se siembran alrededor de 2,500 hectáreas y su valor de la producción asciende a más de 1 billón de pesos (SIAP, 2013). Es decir, es el principal motor de la economía de las empresas agrofloricolas. No obstante, casi todas las variedades utilizadas para la producción de crisantemo son importadas, y las escasas microempresas que venden material vegetal en México, sólo son multiplicadores del material importando de primera generación o generaciones avanzadas.

De acuerdo con las características de las inflorescencias y número de hileras de pétalos, el crisantemo se denomina como: sencillas o margaritas, anémonas de flores concéntricas tubulares y alargadas, recurvadas de forma globular, reflejas con flores radiales doblándose hacia afuera, araña, pluma, hirsuta, pompones y decorativas, entre otros tipos (Barrera *et al.*, 2007).

Existen dos tipos de materiales genéticos utilizados para la producción de crisantemo: por un lado mediante obtención de híbridos con materiales originarios de China (*D. indicum*, *D. morifolium* y *D. hortorum*), y las variedades obtenidas por mutagénesis y posterior selección. En ambos casos, la técnica de cultivo de tejidos es crucial para la multiplicación de variedades e híbridos, y la limpieza fitopatológica del material vegetativo de siembra (Rout y Das, 1997). Debe destacarse que México no es el centro de origen de la especie y por consiguiente las fuentes de genes para generar las futuras variedades son la introducción de acervos silvestres o bien la inducción de variabilidad genética a través de mutagénesis utilizando como base las actuales variedades o híbridos existentes en el mercado.



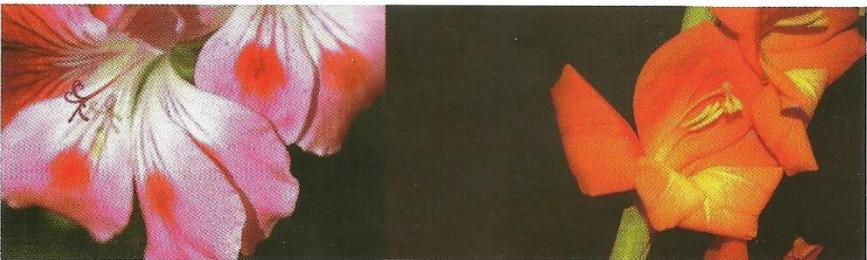
El mejoramiento por mutaciones inducidas rayos gamma, en crisantemo es una práctica común, ya sea utilizando material propagado *in vitro* o sistema de estacas de plantas madre, entre otras (Mandal *et al.*, 2000; Otahola-Gómez *et al.*, 2001; Misra *et al.*, 2003; Lema-Ruminska y Zalewska, 2005; Datta *et al.*, 2005; Nagatomi y Degi, 2009; Datta y Chacrabaty, 2009). La combinación de las nuevas tecnologías de la genómica, marcadores moleculares, ingeniería genética y el cultivo *in vitro*, crea nuevos paradigmas para el mejoramiento genético del cultivo de crisantemo e incluso mediante el uso de mutaciones. Por lo que, la determinación de las pruebas de radiosensibilidad, irradiación con dosis óptimas y la multiplicación *in vitro* del material irradiado adquieren otra dimensión. Por ejemplo, ahora pueden irradiarse miligramos de tejido, callo o células en suspensión cultivadas *in vitro* y cuantificar la magnitud y expresión de las mutaciones provocadas (Ahloowalia y Maluszynski, 2001). El instituto Internacional de Energía Atómica (IAEA, acrónimo en inglés), denota que hasta el año 2000 se han liberado 232 variedades de crisantemo mediante mutaciones inducidas con irradiaciones gamma de cobalto 60 ( $Co^{60}$ ), Maluszynskiet *al.*(2000).

# Métodos de mejoramiento en gladiolo o gladiola

El gladiolo es originario del mediterráneo y África Austral. Se integra por alrededor de 180 especies nativas de África, Madagascar, Europa, Arabia y oeste de Asia. Los gladiolos (*Gladiolus x hybridus*, *G. x hortulanus*, y *G. x grandiflorus*) pertenecen a la familia Iridaceae, siendo plantas herbáceas que se desarrollan a partir de un cormo subterráneo. Posee hojas alargadas y lanceoladas recubiertas de una cutícula cerosa. Las hojas inferiores están reducidas a vainas y las superiores son dísticas, de lineares a estrechamente lanceoladas. El cormo se clasifica como un tubérculo caulinar de orientación vertical, de forma redondeada algo achatada, con el ápice de crecimiento en el centro de la zona superior que normalmente está algo deprimida. El cormo está formado por varios nudos de cuyas yemas axilares se forman nuevos cormos. El tallo floral generalmente soporta a una inflorescencia en espiga alargada. Las flores son bisexuales, sésiles, cada una rodeada de una bráctea y una bractéola. Perianto simétrico bilateralmente, tubular o infundibuliforme, con seis lóbulos algo desiguales. Androceo con tres estambres naciendo en el tubo del perianto y estilo trifido en el ápice. El fruto es una cápsula con semillas aladas. Actualmente se conoce una gran diversidad de tamaños de ejes florales, colores y formas de flores (Buschman, 1989; Cohat, 1993).

Las principales variedades de gladiolos sembrados en México provienen de Estados Unidos, Holanda, Francia o Brasil. En este sentido, no hay un programa de mejoramiento genético de gladiolo en México para suministrar las variedades mejoradas que los cultivadores necesitan, a pesar de ser el segundo cultivo ornamental (SIAP, 2013).

Los métodos de mejoramiento más utilizados en gladiolo son: hibridación interespecífica, hibridación intervarietal y por mutaciones inducidas con mutágenos físicos (rayos gamma) o químicos (metano sulfonato, etil metano sulfonato). Por ejemplo cuando se requiere mejorar la fragancia o esencias en las flores se utilizan regularmente acervos genéticos silvestres como *Gladiolus orchidiflorus*, *G. recurvus*, *G. tristis* y *G. watermeyer* (Suzuki *et al.*, 2008).



También cuando se requiere utilizar como fuentes de genes para las variedades modernas se recurre a la hibridación de gladiolo silvestre como *G. tristis* y *G. gracilis* (Takatsuet *et al.*, 2005). En otros casos se recurre a la hibridación intervarietal para combinar caracteres complementarios que ya poseen algunas variedades liberadas (Chis *et al.*, 2010; Hortet *et al.*, 2012). En otros casos se recurre al mejoramiento genético por mutagénesis inducida con etil metano sulfonato (EMS) y se utiliza como recurso genético a *G. hybridus* o *G. x grandiflora* (Gong *et al.*, 2010; Cai-huaet *et al.*, 2012; Bhajantri y Patil, 2013).

Uno de los principales problemas fitopatológicos es la incidencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli* y se recurre como fuentes de resistencias a los materiales silvestres o a variedades que poseen esa resistencia como *G. hookerii*, *G. gladanthera* y *G. dalenii* (Jones y Jenkins, 1975; Straathof et al., 1997). En otros casos se requiere evaluar la heredabilidad de la tolerancia al frío (Anderson et al., 2012). No obstante, en todos los casos se recomienda no perder de vista a los caracteres morfológicos asociados con las inflorescencias que demandan los consumidores tanto en color de flores como en dimensiones del eje floral (Hossain et al., 2011).

## Métodos de mejoramiento en nochebuena

La nochebuena o cuetlaxochit (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex Klotzsch) es una planta originaria de México (Taylor et al., 2011) y se comercializa principalmente durante las fiestas decembrinas como flor de maceta, aproximadamente 20 millones de plantas. 'Valenciana' es la variedad más cultivada en los jardines de México; en el catálogo nacional de variedades vegetales se tienen registradas ocho variedades; además de Valencia (introducida), se encuentra Amanecer Navideño, Belén, Corona, Juan Pablo, Rehilete y Valsu todas de polinización libre y obtenidas por selección individual (Galindo-García et al., 2012; SNICS, 2013). Es decir, es reducido el número de variedades liberadas y alta demanda comercial. Aunque es pertinente señalar que diferentes variedades de nochebuena son introducidas a México sólo para venderse como maceta (Canul et al., 2012b).

Hasta la última década, la Universidad Autónoma de Chapingo y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP, Campo Experimental Zacatepec, están iniciando dos programas de mejoramiento genético de *E. pulcherrima*, fundamentalmente a través de evaluación y selección de materiales sobresalientes, hibridaciones interpoblacionales y recientemente la mutagénesis (Canul et al., 2012a; Canulet et al., 2013a, b).

La forma arbustiva de las plantas silvestres alcanza alturas de 3 a 5 m, en principio fue un problema. No obstante, se resolvió a través de la identificación de los genes de braquismo y su incorporación a las nuevas variedades. Actualmente, la ingeniería genética ha desempeñado un papel relevante para la identificación precisa de los genes de porte bajo (*AtsSH1*), resistencia a virus (PnMV) y su introducción a las actuales variedades (Clarke et al., 2008; Islam et al., 2013). No obstante, se siguen presentando diversos problemas asociados al manejo de enfermedades, efectos de irradiación y nutrición, entre otros (Canul et al., 2012b; Orlikowski and Ptaszek, 2013). También es de enorme interés el uso de la gran diversidad genética subexplotada que existe en México y que se distribuye desde Sinaloa hasta Oaxaca (Trejo et al., 2012; Canul et al., 2013b).



## Perspectivas de introducción al cultivo de plantas silvestre con potencial ornamental

La alta diversidad florística en México ofrece una amplia variedad de posibilidades para introducir al cultivo un gran número de especies nativas silvestres o semidomesticadas con potencial ornamental. Regularmente cuando se hacen listados florísticos regionales basados en trabajos de campo en los mercados regionales, sobresalen de uso directo alrededor de 200 especies (Mejía y Espinosa, 2003; Murguía-Lino *et al.*, 2010). No obstante de manera comercial y bajo cultivo se explotan un número reducido como la nochebuena, zempoalxochitl y algunas dalias. Con excepción de siete variedades de nochebuena, las demás especies no se cuentan con variedades comerciales.



El aprovechamiento del potencial ornamental de la diversidad presente en México no es una realidad. Por ejemplo, diferentes variedades de *Cosmos* (mirasol) son importadas desde Holanda; y la misma situación con nochebuena. Esta condición de importación de propágulos o semillas de variedades mejoradas tanto de especies muy comerciales como de ciertas especies nativas, no debe continuar de manera indefinida. Es decir, existen acervos genéticos suficientes de las plantas nativas para introducir al cultivo varias especies nativas. Por ejemplo, podemos mencionar los principales de alto potencial ornamental.

- Tagetes*
- Dhalia*
- Laelia, Maxilaria, Prosthechea, Barkeria* (orquídeas)
- Tillandsia* (bromelias)
- Penstemon*
- Sprekelia*
- Zinnia*
- Cosmos*
- Euphorbia* (nochebuena)
- Tigridia*
- Salvia*
- Heliconia*
- Eryngium*

El listado puede crecer a gran número de especies. Sin embargo, parte del pobre avance en la introducción al cultivo y consecuentemente el mejoramiento genético de las especies, se debe a la ausencia de grupos de investigación dedicados al rescate, conservación y aprovechamiento de las flores nativas mexicanas. En este mismo sentido, se destaca la ausencia de programas de mejoramiento genético de las principales especies cultivadas en México, y esto hace que los agricultores sigan dependiendo de la importación de propágulos o semillas de otros países. Lo que, consecuentemente incrementa los costos de producción o bien se utilicen variedades regeneradas o propagadas sin la calidad requerida.

La transformación genética en las plantas superiores fue reportado primero por Zambryski *et al.* (1983). Meyer *et al.* (1987) reportaron que el gen dihidroflavonol 4-reductasa derivado de *Zea mays* fue introducido en petunia el color de la flor a rojo. En 1997 se liberó el primer clavel azul modificado genéticamente. Es decir, la transformación genética puede mejorar rasgos derivados de uno o varios tipos de genes. Por lo tanto, la técnica sería útil en la producción de una mejora de un rasgo específico y se puede apoyar, posteriormente, en la hibridación convencional. No obstante, aún hay controversia en los transgenes liberados en los centros de origen y diversidad de las especies, por efecto de flujo de genes y efectos epistáticos de interacción con los genes nativos.

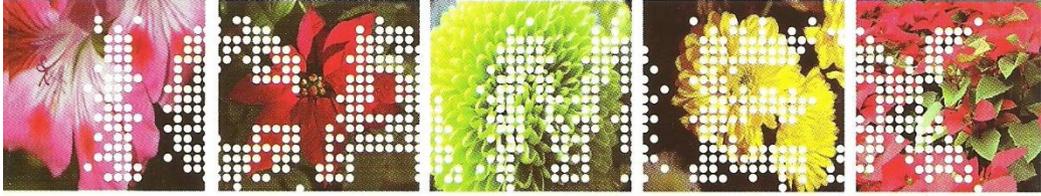
La hibridación interespecífica también ha contribuido en gran medida a la producción de una amplia gama de la variación genética en las plantas cultivadas. Se ha realizado con éxito utilizando el estilo y la manipulación de ovarios y óvulos mediante el cultivo de embriones. Sin embargo, la hibridación interespecífica introduce rasgos inesperados junto con los deseables, por efectos de ligamientos.

## Bibliografía

- Ahloowalia, N.S. and M. Mazyszynski. *Induced mutations – a new paradigm in plant breeding*. Euphytica 118:167-173. 2001.
- Anderson, N.O., J. Frick, A. Younis and C. Currey. *Heritability of cold tolerance (winter hardiness) in Gladiolus xgrandiflorus*. In: I. Adurakhmonov (ed.), Plant Breeding. InTech, Available from: <http://www.interchopen.com/books/plant-breeding>. 2012.
- Arnold, N.P., N.N. Bathakur and M. Tanguay. *Mutagenic effects of acute gamma irradiation on miniature roses: target theory approach*. HortScience 33:127-129. 1998.
- Barrera O., A., J. Cabrera R., F. García P., J.C. Alcántara Ñ., E. Sánchez M., J. Cruz M. y L. Granada C. *Producción de crisantemo (Dendranthema ssp) en Morelos*. Folleto Técnico No. 27. SAGARPA, INIFAP-SIRPS, Campo Experimental Zacatepec, Zacatepec, México. 13 p. 2007.
- Bhajantri, A. and V.S. Patil. *Studies on ethyl methane sulphonate (EMS) induced mutations for enhancing variability of gladiolus varieties (Gladiolus hybridus Hort.) in M<sub>1</sub>V<sub>2</sub> generation*. Karnataka J. Agric. Sci. 26:403-407. 2013.
- Buschman, M.J.C. *The gladiolus cut flower as in tropical and subtropical regions*. International Flower Bulb Center, Hillegom, Netherlands. 32 p. 1989.
- Cai-hua, L., F. Jin-ping, G. Shu-fang and C. Dai-di. *Study on mutant induction of Gladiolus by in vitro culture of petals*. J. Northeast Agric. Univer. 19:38-42. 2012.
- Canul K., F. García P., F.J. Osuna C. y S. Ramírez R. *Metodologías de mejoramiento aplicables en nochebuena*. Folleto Técnico Núm. 64. SAGARPA, INIFAP, CIRPAS-Campo Experimental Zacatepec, Zacatepec, Morelos. 39 p. 2012a.
- Canul K., J., F. García P., E. Campos B., E.J. Barrios G., E. de la Cruz T., J.M. García A., F.J. Corona C. y S. Ramírez R. *Efecto de la irradiación sobre nochebuena silvestre (Euphorbia pulcherrima Willd. Ex Klotzsch) en Morelos*. Rev. Méx. Ciencias Agrícolas 3:1495-1507. 2012b.
- Canul K., J., F. García P., F.J. Osuna C., S. Ramírez R., I. Alía T., J.M.P. Vázquez A., E. Campos B. y B. Portas F. *Genotipos de nochebuena obtenidos por hibridación*. Folleto Técnico Núm. 72. SAGARPA, INIFAP, CIRPAS-Campo Experimental Zacatepec, Zacatepec, Morelos. 50 p. 2013a.
- Canul K., J., F. García P., F.J. Osuna C., S. Ramírez R. y E. J. Barrios G. *Recursos genéticos de nochebuena en México, colecta de germoplasma para mejoramiento genético*. Ciencia y Tecnol. Agrop. México 1:20-26. 2013b.
- Chalate-Molina, H., R. San-Juan-Hernández, G. Diego-Lazcano y P. Pérez-Hernández. *Programa estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología de la cadena productiva horticultura ornamental en el Estado de Veracruz*. Fundación Produce Oaxaca y Colegio de Posgraduados, Veracruz. 105 p. 2008.

- Chis, M.L., M. Cantor and E. Harsan. *Realization and new trends in breeding of Gladiolus hybridus at fruit research station Cluj*. Bulletin UASVM Horticulture 67:324-329, 2010.
- Clarke, J.L., C. Spetz, S. Haugslien, S. Xing, M.W. Dees, R. Moe, D-R. Blystad. *Agrobacterium tumefaciens-mediated transformation of poinsettia, Euphorbia pulcherrima, with virus-derived hairpin RNA constructs confers resistance to Poinsettia mosaic virus*. Plant Cell Rep. 27:1027-1038, 2008.
- Cohat, J. *Gladiolus*. In: M. Le Mard and A.A. de Hertog (eds.), *The Physiology of Flower Bulbs*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. pp:297-320, 1993.
- Datta, S.K. *Mutation studies on garden roses: a review*. Proc. Indian Natn. Sci. Acad. 636:107-126, 1997.
- Datta, S.K. 2009. *Role of classical mutagenesis for developing of new ornamental varieties*. In: Q.Y. Shu (ed.), *Induced Plant Mutation in the Genomics Era*. Joint FAO/IAEA Programme and Food and Agriculture of the United Nations, Rome, Italy. pp:300-302.
- Datta, S.K. and D. Chakrabarty. *Management of chimera and in vitro mutagenesis for development of new flower color/shape and chlorophyll variegated mutants in chrysanthemum*. In: Q.Y. Shu (ed.), *Induced Plant Mutation in the Genomics Era*. Joint FAO/IAEA Programme and Food and Agriculture of the United Nations, Rome, Italy. pp:303-305, 2009.
- Datta, S.K., P. Misra and A.K.A. Mandal. *In vitro mutagenesis—a quick method for establishment of solid mutant in chrysanthemum*. Current Science 88:155-158, 2005.
- Escandón, A.S., P.A. Marinangeli y M. Pérez de la T. *Avances de la biotecnología en cultivos ornamentales*. En: G. Ilevius, V. Echenique, C. Rubinstoin, E. Hoppo y L. Mronski(eds.), *Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II*, Instituto Nacional de Tecnología, Agropecuaria, Argentina. pp: 421-433, 2010.
- Flowers, F. *Classes of roses*. In: D. Boutelier (ed.), *Roses: An Herbs Society of America Essential Guide*. The Herb Society of America, Kirtland, OH, USA. pp: 28-36, 2011.
- Galindo-García, D.V., I. Alía-Tejagal, M. Andrade-Rodríguez, M.T. Colinas-León, J. Canul-Ku y M.J. Sainz-Aispuro. *Producción de nochebuena de sol en Morelos, México*. Rev. Mex. Ciencias Agrícolas 3:751-763, 2012.
- Gong, S., H. Fu and J. Wang. *ISSR analysis on M<sub>1</sub> generation of Gladiolus hybridus Hort treated by EMS*. J. Northeast Agric. Univer. 17:22-26, 2010.
- Hort, D. M. Cantor, E. Buta and I. Andriescu. *Researches regarding intraspecific hybridization of Gladiolus L. species in order to obtain novel ornamental varieties*. Bulletin UASVM Horticulture 69:172-177, 2012.
- Hossain, M.D., K.I.I. Iaukder, M. Asaduzzaman, F. Mahmud, N. Amin and M.A. Sayed. *Study on morphological characteristics of different genotypes of gladiolus flower*. J. Sci. Foundation 9:1-8, 2011.
- Ikegami, H., T. Kunitake, K. Hirashima and Y. Sakai. *Mutation induction through ion beam irradiations in protoplasts of chrysanthemum*. Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent. 24:5-9, 2005.
- Islam, M.A., H. Lütken, S. Haugslien, D-R.Blystad, S. Torre, J. Rolcik, S.K. Rasmussen, J.E. Olsen and J.L. Clarke. *Over expression of the AtSH1 gene in poinsettia, Euphorbia pulcherrima, results in compact plants*. PLOS ONE 8(1): e53377. Doi:10.1371/journal.pone.0053377, 2013.
- Jones, R.K. and J. M. Jenkins. *Evaluation of resistance in Gladiolus sp. to Fusarium oxysporum f. sp. gladioli*. Phytopathology 65:481-484, 1975.
- Lema-Ruminska, J. and M. Zawka. *Changes in flower colour among lady group of Chrysanthemum x grandiflorum/ Ramat/Kitam. as a result of mutation breeding*. Folia Horticulturae 17: 61-72, 2005.
- Maluszynski, M., K. Nichterlein, L. van Zanen and B. Ahloowal'a. *Officially release mutant varieties-FAO/IAEA database*. Mutation Breeding Review 12:1-84, 2000.
- Mandal, A.K.A., D. Chakrabarty and S.K. Datta. *Application of in vitro techniques in mutation breeding of chrysanthemum*. Plant Cell Tissue Org. Cult. 60:33-38, 2000.
- Mejía M., J.M. y A. Espinosa F. (comp.). *Plantas nativas de México con potencial ornamental*. Universidad Autónoma Chapingo, México, D.F. 217 p, 2003.
- Meyer, P., I. Heidmann, G. Forkmann and H. Saedler. *A new petunia flower color generated by transformation of mutant with a maize*. Nature 330: 677-678, 1987.
- Misra, P., S.K. Datta and D. Chakrabarty. *Mutation in flower colour and shape of Chrysanthemum morifolium induce by Y-radiation*. Biologie Plantarum 47:153-156, 2003.
- Miyazaki, K., K-I. Suzuki, K. Iwaki, T. Kusumi, T. Abe, S. Yoshida and H. Fukui. *Flower pigment mutations induced by heavy ion beam irradiation in an interspecific hybrid of Torenia*. Plant Biotechnol. 23:163-167, 2006.
- Murguía-Lino, G., L.M. Vázquez-García y J.A. López-Sandoval. *Plantas silvestres ornamentales comercializadas en los mercados de la flor de Tenancingo y Jamaica, México*. Pol. botánica 29:281-308, 2010.
- Nagatomi, S. and K. Degi. *Mutation breeding of chrysanthemum by gamma fiel irradiation and in vitro culture*. In: Q.Y. Shu (ed.), *Induced Plant Mutation in the Genomics Era*. Joint FAO/IAEA Programme and Food and Agriculture of the United Nations, Rome, Italy. pp: 258-261, 2009.

- Nagatomi, S., A. Tanaka, A. Kato, H. Watanabe and S. Taro. *Mutation induction on chrysanthemum plants regenerated from in vitro cultured explants irradiated with C ion beam*. TIARA annual report 1995 5: 50-52. 1996.
- Novak, F.J. y H. Brunner. *Fitotecnia: tecnología de mutación inducida para el mejoramiento de los cultivos*. Boletín del OIEA 4:25-33. 1992.
- Okamura, M., A. Tanaka, M. Momose, N. Umemoto, J.A. Teixeira da Silva and T. Toguri. *Advances of mutagenesis in flowers and their industrialization*. In: J.A. Teixeira da Silva (ed.), *Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology Vol. I*, Global Science Books, pp: 619-628. 2006.
- Okamura, M., N. Yasuno, M. Ohtsuka, A. Tanaka, N. Shikazono and Y. Hase. *Wide variety of flower-color and -shape mutants regenerated from leaf cultures irradiated with ion beams*. Nucl. Inst. Meth. Phys. Res. B206:574-578. 2003.
- Orlikowski, L.B. and M. Ptaszek. *First notice of Phytophthora crown and root rot of Euphorbia pulcherrima in polish greenhouses*. J. Plant Protec. Res. 53:307-311. 2013.
- Otahola-Gómez, V., M. Aray y Y. Antoina. *Inducción de mutantes para color de la flor en crisantemos (Dendranthema grandiflora (Ram.) Tzelev) mediante radiaciones gamma*. Revista UDO Agrícola 1:56-63. 2001.
- Phillips, R. and M. Rix. *Rose*. The Pan Garden Plant Series, Pan Books Ltd, London, UK 224 p. 1988.
- Ramírez Z., G. *Obtención de nuevas variedades de crisantemo (Chrysanthemum sp) por mutaciones in vitro*. En: 3° Seminario Nacional sobre el uso de las irradiaciones en el fitomejoramiento. Escuela de Agronomía y Zootecnia, Universidad Autónoma de Guanajuato. Irapuato, México. 1992a.
- Ramírez Z., G. *Mejoramiento por mutaciones in vitro en Chrysanthemum y Dianthus*. En: Primer Encuentro de Ciencia y Tecnología del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de México. Toluca, México. 1992b.
- Ramírez Z., G. *Inducción de variabilidad genética en Chrysanthemum sp. por mutagénesis in vitro*. En: 11° Congreso Latinoamericano de Genética y XV Congreso de Fitogenética. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 1994a.
- Ramírez Z., G. *Mejoramiento de Dianthus sp. por mutagénesis in vitro*. En: 4° Seminario nacional sobre el uso de las irradiaciones en fitomejoramiento. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, México. 1994b.
- Rout, G.R. and P. Das. *Recent trends in the biotechnology of Chrysanthemum: a critical review*. Scientia Horticulturae 69:239-257. 1997.
- Rout, G.R., S. Samantaray, J. Mottley and P. Das. *Biotechnology of the rose: a review of recent progress*. Scientia Horticulturae 81:201-228. 1999.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). *Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2012*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.F. En: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>. 2013.
- Servicio Nacional de Insección y Certificación de Semillas (SNICIS). *Catálogo Nacional de Variedades Vegetales 2012*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.F. 36 p. 2013.
- Straathof, T.P., J. Janson, E.J.A. Roebroek and H.J.M. Loffler. *Fusarium resistance in Gladiolus: selection in seedling populations*. Plant breeding 116:283-286. 1997.
- Sugiyama, M., H. Saito, H. Ichida, Y. Hayashi, H. Ryuto, N. Fukunishi, T. Terakawa and T. Abe. *Biological effects of heavy-ion beam irradiation on cyclamen*. Plant Biotech. 25:101-104. 2008.
- Suzuki, K., N. Oyama-Okubo, M. Nakyama, Y. Takatsu and M. Kasumi. *Floral scent of wild Gladiolus species and the selection of breeding material for this character*. Breeding Science 58:89-92. 2008.
- Takatsu, Y., K. Suzuki, T. Yamada, E. Inoue, I. Gonai, M. Nogi and M. Kasumi. *Interspecific hybridization of wild Gladiolus species using a dendrogram based on RAPD analysis*. Acta Hort. 673:475-480. 2005.
- Taylor, J.M., R.G. Lopez, C.J. Currey and J. Janick. *The poinsettia: history and transformation*. Chronica Horticulturae 51:23-28. 2011.
- Trejo, L., T.P. Feria-Arroyo, K.M. Olsen, L.E. Eguiarte, B. Arroyo, J.A. Gruhn and M.E. Olson. *Poinsettia's wild ancestor in the Mexican dry tropics: historical, genetic and environmental evidence*. Amer. J. Bot. 99:146-157. 2012.
- Ueno, K., S. Nagayoshi, Y. Hase, N. Shikazono and A. Tanaka. *Additional improvement of chrysanthemum using ion beam re-irradiation*. JAERI Review 25: 53-55. 2004.
- Ueno, K., S. Nagayoshi, K. Shimomishi and Y. Hase. *Effects of ion beam irradiation on chrysanthemum leaf discs and sweetpotato callus*. JAERI Review 35: 44-46. 2002.
- Yamaguchi, H., S. Nagatomi, T. Morishita, K. Degi, A. Tanaka, N. Shikazono and Y. Hase. *Mutation induced with ion beam irradiation in rose*. Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B206:561-564. 2003.
- Yong, A. *El cultivo del rosal y su propagación*. Cultivos Tropicales 25:53-67. 2004.
- Zambryski, P., H. Joos, C. Genetello, J. Leemans, M. van Montagu and J. Schell. *Ti plasmid vector for the introduction of DNA into plant cells without alternation of their normal regeneration capacity*. EMBO J. 2: 2143-2150. 1983.



Un campo  
*Mexiquense*  
más productivo

