



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**EFFECTO DE IRRADIACIÓN CON RAYOS GAMMA DE ^{60}Co
EN GLADIOLO (*Gladiolus communis* L.) VARIEDAD
ROJA Y BLANCA BORREGA**

QUE COMO TRAMITE PARCIAL PARA LA EVALUACIÓN
PROFESIONAL DE LA CARRERA DE INGENIERO
AGRÓNOMO EN FLORICULTURA

PRESENTA:

EDUARDO PIÑA DE JESÚS

MODALIDAD: TESIS INDIVIDUAL

ASESORES:

Dr. en C.A.R.N JESÚS RICARDO SÁNCHEZ PALE
Dr. OMAR FRANCO MORA



**CAMPUS UNIVERSITARIO "EL CERRILLO", EL CERRILLO PIEDRAS
BLANCAS, TOLUCA, ESTADO DE MEXICO, ABRIL DEL 2019.**

DEDICATORIAS

A Dios

A mis padres Francisco y Lourdes

A mis hermanos Diego, Fátima y José María

A toda mi familia

A mis amigos

A todos los que confiaron y los que dudaron que podría lograrlo

Eduardo

Resumen

EFFECTO DE IRRADIACIÓN CON RAYOS GAMMA DE ^{60}Co EN GLADIOLO (*Gladiolus communis* L.) VARIEDAD ROJA Y BLANCA BORREGA.

Eduardo Piña de Jesús. Ingeniero Agrónomo en Floricultura. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de ciencias Agrícolas.

Asesores Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale y Dr. Omar Franco Mora. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Universitario El Cerrillo Piedras Blancas. Municipio de Toluca, México, código postal 502000 Tel (fax) 2-96-55-18 y 2-96-55-29 Correo electrónico: jrsanchezp@uaemex.mx

La irradiación es un agente físico ampliamente utilizado en el tratamiento de semillas y otros materiales vegetales de los cultivos para inducir mutaciones. Sin embargo, es necesario considerar la evaluación de algún tipo de resistencia a las diversas plagas que afectan específicamente a las especies florícolas. Entre las alternativas de generación de mutaciones se encuentra la irradiación con ^{60}Co , que es un proceso de mejoramiento genético que tiene como objetivo la creación de nuevas variedades florícolas a través de cambios mutagénicos. El efecto de una mutación en ornamentales es muy visible; por lo que los cambios en el color de la flor, forma y tamaño son los principales indicadores de mutación o presencia de quimeras que causa dicho proceso. En gladiolo (*Gladiolus communis* L.) no se dispone de material genético con algún grado de resistencia a las diversas plagas que lo dañan. Antes este panorama, es necesario generar nuevas variedades con características fenotípicas deseables y con algún grado de resistencia. Una posible alternativa de inducción de variabilidad y mejoramiento es el uso de

radiaciones ionizantes. En este sentido, se realizó un ensayo en la Facultad de Ciencias Agrícolas campus “El Cerrillo”, para evaluar los niveles de irradiación comprendidos entre los 10 a 100 Gy con ^{60}Co en las variedades de gladiola roja y blanca borrega a fin de determinar su efecto en las características fenotípicas (días a brotación, altura de planta, verdor, grosor de tallo, número de hojas) y obtener su descendencia para posteriores evaluaciones de su resistencia. Los resultados obtenidos indicaron que el tratamiento a 30 Gy (T3) estimuló la expresión de las diferentes características fenotípicas (altura de planta, grosor de tallo y verdor) por arriba del testigo en las dos variedades evaluadas. Este resultado se obtuvo con los análisis de las diversas características fenotípicas evaluadas y corroborados con el análisis de reducción de crecimiento (Grow reduction). Se encontró que T3 (30 Gy) fue la mejor dosis en estimular el desarrollo y crecimiento, pero en la variedad blanca borrega se presentó mayor estimulación de los valores verdor y grosor de tallo, mientras que en la variedad roja borrega se expresó una mayor altura de planta; además en la variedad blanca se observó pétalos con quimeras al teñirse de un color rojizo, producto de la estimulación por la irradiación. Estos resultados marcan un nivel de referencia en el uso irradiación en gladiola para evaluar distintos parámetros fenotípicos.

Palabras clave: Irradiación, quimeras, mejoramiento, estimulación.

ABSTRACT

EFFECT OF IRRADIATION WITH ^{60}Co GAMMA RAYS IN GLADIOLUS (*Gladiolus communis* L.) OF THE ROJA AND BLANCA BORREGA VARIETIES.

Eduardo Piña de Jesús. Ingeniero Agrónomo en Floricultura. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de ciencias Agrícolas.

Advisors Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale and Dr. Omar Franco Mora. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. El Cerrillo Piedras Blancas Campus. Municipality of Toluca, Mexico, Postal Code 502000 Telephone (fax) 2-96-55-18 and 2-96-55-29 Email: jrsanchezp@uaemex.mx

Irradiation is a widely used physical agent in the treatment of seeds and other crop vegetative materials to induce mutations. Irradiation with ^{60}Co is one of the alternatives for generating mutations, which is a genetic improvement process that is used to create new floral varieties through mutagenic changes. The effect of a mutation in ornamentals is very visible, and changes in flower shape, color, and size are the main indicators of mutation or presence of chimeras as a result of that process. In gladiolus (*Gladiolus communis* L.) there is no genetic material available which has a degree of resistance to the variety of pests that damage it. Given this situation, it is necessary to generate new varieties with desirable phenotypic characteristics and some degree of resistance. One possible alternative for inducing variability and improvement is the use of ionizing radiation. Therefore, a test was carried out on the Agricultural Sciences Faculty, "El Cerrillo" campus, to evaluate the effects of levels of radiation between 10 and 100 Gy using ^{60}Co in the

roja borrega and blanca borrega varieties of gladiolus to determine its effects on phenotypic characteristics (days to bloom, plant height días, greenness, and stalk thickness). The results show that treatment with 30 Gy (T3) stimulated the expression of the different phenotypic characteristics (plant height, stalk thickness, and greenness) above the control treatment in both varieties evaluated. This result was corroborated with a Grow reduction analysis. T3 (30 Gy) was found to be the best dose to stimulate growth and development above control levels, but in the blanca borrega variety, the greatest stimulation was of greenness and stalk thickness, while in the roja borrega variety it was plant height that was most affected. At doses of 80 to 100 Gy, there was a more than 30% reduction in growth compared to control in both varieties. In addition, in the white variety, chimeric petals were observed, which had a reddish tint, product of the stimulation by radiation. These results mark a reference level for the use of irradiation in gladiolus to evaluate different phenotypic parameters.

Keywords: Irradiation, chimeras, improvement, stimulati

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento se dirige a quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto, a Dios, el que en todo momento esta conmigo ayudándome a aprender de mis errores y a no cometerlos otra vez.

A mis padres, quienes me han apoyado en cada decisión y proyecto, a dios por brindarme la vida y permitirme disfrutar de ellos quienes son un ejemplo de dedicación y esfuerzo, apoyándome en todo y con todo lo que estuvo a su alcance desde mi niñez, los amo y los respeto. Gracias.

A mi familia y hermanos, que me brindaron consejos de vida y apoyo moral para seguir en cada momento y no flaquear en los momentos difíciles, no solo en la elaboración de este trabajo, si no también en la formación profesional durante la carrera, en especial a mi tío Daniel, quien es un pilar de ejemplo a seguir para toda la familia y para mi. Gracias.

A mis amigos, quienes estuvieron al pendiente para cualquier duda, favor y consejo que necesitara, he incluso en momentos de distracción, en particular agradezco a Saray, Abigail, Miguel, Orlando, Francisco, Alejandro, Alicia, Erick, Edgar Iván y Jaqueline, con quienes siempre he mantenido una solida amistad y he crecido profesionalmente, en especial a Jaqueline quien fuese mi consejera y compañera personal durante la carrera. Gracias.

Al Dr. Eulogio de la Cruz, agradezco sus consejos y por recibirme en su centro de trabajo, por resolver mis mas grandes dudas, agradezco que consiguiera la herramienta principal para elaboración de este trabajo. Al ININ por prestarnos sus instalaciones para la irradiación.

Al Dr. Antonio Laguna, agradezco los consejos y la orientación que me brindo durante el desarrollo de este trabajo.

A mis asesores, al Dr. Omar Franco, quien me aconsejo y ofreció apoyo para cualquier dificultad, así como también me facilito materiales y el espacio académico para poder realizar el trabajo de campo. Al Dr. Jesús Ricardo Sánchez, por darme la oportunidad de obtener nuevos conocimientos, por brindarme materiales para el proyecto, por las horas en que me dio oportunidad de trabajar en su espacio y brindarme consejos he ideas, por orientarme, por corregirme a cada momento, por extenderme la mano, por darme su paciencia, amistad y su sabiduría. Gracias

Con este trabajo se concluye una etapa de mi vida, gracias a la Facultad de Ciencias Agrícolas por la formación y preparación obtenida.

Eduardo Piña de Jesús

Abril 2019

ÍNDICE

I. Introducción	3
II. Objetivo.....	5
2.1 Objetivo general	5
2.2 Objetivos específicos	5
III. Hipótesis del trabajo	6
IV. Revisión de literatura	7
4.1 Importancia del gladiolo en México y en el Estado de México.....	7
4.2 Clasificación taxonómica del gladiolo	8
4.3 Descripción botánica	8
4.4 Fenología del gladiolo.....	9
4.5 Calidad vegetativa y floral del gladiolo	10
4.6 Calidad comercial del gladiolo	10
4.7 Uso de irradiación en agricultura.....	11
V. Metodología.....	16
5.1 Obtención del material genético	16
5.2 Irradiación de cormos	17
5.3 Preparación y esterilización de sustrato	18
5.4 Establecimiento del ensayo	19
5.5 Variables a evaluar	20
5.6 Análisis de los datos	22
VI. Resultados.....	23
6.1 Brotación de cormos.....	23

6.2	Altura de planta	25
6.3	Verdor de hojas	27
6.4	Grosor de tallo	29
6.5	Altura de planta expresada en la variedad roja borrega por fecha de muestreo.	31
6.6	Altura planta expresada en la variedad blanca borrega por fecha de muestreo.	35
6.7	Verdor de hojas expresada en la variedad roja borrega por fecha de muestreo.	42
6.8	Verdor de hojas expresada en la variedad blanca borrega por fecha de muestreo.	46
6.9	Grosor de tallo expresado.	53
6.9.1	Grosor de tallo expresado en variedad roja borrega.....	54
6.9.2	Grosor de tallo expresado en la variedad blanca borrega por fecha de muestreo.....	56
6.10	Reducción de crecimiento	59
6.10.1	Reduccion en altura de planta.....	60
6.10.2	Reduccion en verdor	61
6.10.3	Reducción en grosor de tallo.....	63
6.11	Marchitez de planta	65
6.12	Formación de espiga y floración	67
6.13	Cosecha	69
VIII.	Discusión	71
IX.	Conclusiones	75
XI.	Bibliografía	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación del gladiolo.	8
Cuadro 2. Análisis factorial para la variable altura de planta a los 67 DDS.....	25
Cuadro 3. Separación de medias para la variable altura de planta en el factor variedad.	26
Cuadro 4. Separación de medias para el factor dosis de irradiación en altura de planta.....	27
Cuadro 5. Análisis factorial para la variable verdor a los 67 DDS.....	28
Cuadro 6. Valores promedio para la variable verdor en hojas en el factor variedad.....	28
Cuadro 7. Valores promedio.....	29
Cuadro 8. Análisis factorial de grosor a los 91 DDP.....	30
Cuadro 9. Separación de medias para la variable grosor de tallos en el factor variedad.....	30
Cuadro 10. Separación de medias para el factor dosis de irradiación en la variable grosor de tallo.	31
Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) de la variedad roja borrega.....	32
Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) de la variedad roja borrega.....	32
Cuadro 13. Separación de medias para la variable altura de planta de la variedad roja borrega.	34
Cuadro 14. Separación de medias para la variable altura de planta (cm) de la variedad roja borrega.....	35
Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) de la variedad blanca borrega.....	36
Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) de la variedad blanca borrega.....	36
Cuadro 17. Separación de medias para la variable altura de planta de la variedad blanca borrega.....	38

Cuadro 18. Separación de medias para la variable altura de planta de la variedad roja borrega.	39
Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable verdor en hojas de la variedad roja borrega en diferentes fechas de muestreo.....	43
Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable verdor en hojas de la variedad roja borrega en diferentes fechas de muestreo.....	43
Cuadro 21. Separación de medias para la variable verdor de hojas expresada por efecto de diversas dosis de irradiación en la variedad roja borrega.	45
Cuadro 22. Separación de medias para la variable verdor de hojas expresada por efecto de diversas dosis de irradiación en la variedad roja borrega.	46
Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable verdor en hojas expresada por efecto de diversas dosis de irradiación en la variedad blanca borrega.	47
Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable verdor en hojas expresada por efecto de diversas dosis de irradiación en la variedad blanca borrega.	47
Cuadro 25. Separación de medias para la variable verdor de hojas expresada por efecto de diversas dosis de irradiación en la variedad blanca borrega.	49
Cuadro 26. Análisis de varianza para la variable grosor de tallos (mm) de la variedad roja borrega.....	55
Cuadro 27. Separación de medias para la variable grosor de tallo expresado por efecto de diversas dosis de irradiación en la variedad roja borrega.	56
Cuadro 28. Resultados del análisis de varianza para la variable grosor de tallos (mm) de la variedad blanca borrega.	57
Cuadro 29. Separación de medias realizada para la variable grosor de tallo (mm) en las diferentes fechas de muestreo realizados a plantas de la variedad blanca borrega tratadas con diferentes dosis de radiación.	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes del cormo.....	9
Figura 2. Cormos o material vegetativo.	10
Figura 3. Cormos previos a irradiar de la variedad blanca borrega.....	16
Figura 4. Selección y separacion de cormos para irradiar de la variedad blanca borrega.....	17
Figura 5. Cormos por tratamientos, rojo y blanca borrega.....	18
Figura 6. Capsula para irradiador.....	18
Figura 7. Mezcla de sustratos.	19
Figura 8. Invernadero 1: Lugar de establecimiento del ensayo.	20
Figura 9. Medición de verdor en hoja con spad.....	21
Figura 10. Aspecto de la brotación a los 15 ddp.	23
Figura 11. Porcentaje de brotación en la variedad roja borrega.....	24
Figura 12. Porcentaje de brotación en la variedad blanca borrega.....	24
Figura 13. Altura de planta determinada en la variedad roja borrega a través del tiempo.	40
Figura 14. Altura de planta determinada en la variedad blanca borrega a través del tiempo.	41
Figura 15. Verdor de hojas en la variedad roja borrega a través del tiempo.....	51
Figura 16. Verdor de hojas en la variedad blanca borrega a través del tiempo.....	52
Figura 17. Grosor de tallo (mm) en la variedad roja borrega a través del tiempo.	53
Figura 18. Grosor de tallo (mm) en la variedad roja borrega a través del tiempo.	54
Figura 19. Efecto de radiación gamma de Co ⁶⁰ en la reducción del valor de altura de planta en gladiola variedad roja borrega.	60
Figura 20. Efecto de radiación gamma de Co ⁶⁰ en la reducción de altura de planta en gladiola variedad borrega.....	61
Figura 21. Efecto de radiación gamma de Co ⁶⁰ en la reducción del verdor en galdiola variedad roja borrega.	62

Figura 22. Efecto de radiación gamma de Co ⁶⁰ en la reducción del verdor en gladiola variedad blanca borrega.	63
Figura 23. Efecto de radiación gamma de Co ⁶⁰ en la reducción del grosor de tallo en gladiola variedad roja borrega.	64
Figura 24. Efecto de radiación gamma de Co ⁶⁰ en la reducción del grosor de tallo en gladiola blanca borrega.....	64
Figura 25. Incidencia de secamiento (Fusarium spp. y Stromatinia spp.) en la variedad roja borrega a través del tiempo.	66
Figura 26. Incidencia de secamiento (Fusarium spp. y Stromatinia spp.) en la variedad roja borrega a través del tiempo.	66
Figura 27. Síntomas (Marchites y secamiento de hojas y tallos).....	67
Figura 28. Síntomas (Desprendimiento de tallos por pudrición)	67
Figura 29. Formación de espiga.	68
Figura 30. Apertura floral.	68
Figura 31. Presencia de quimeras en pétalos.	69
Figura 32. Recolección de cormos.....	70
Figura 33. Cosecha.....	70

I. Introducción

La irradiación es un método de mejoramiento genético para inducir mutaciones en plantas con el objetivo de producir variedades que muestren una mejor calidad de producto, mayores rendimientos y estables, mayor resistencia al cambio climático y tolerancia a las tensiones ambientales (FAO, 2018). Este proceso es uno de los avances más importantes en la historia de la genética, y específicamente el descubrimiento de que las mutaciones pueden ser inducidas por mutágenos físicos y químicos para inducir cambios artificiales hereditarios en las plantas (IAEA, 2018).

La irradiación es un agente físico ampliamente utilizado en el tratamiento de semillas y otros materiales vegetales (cultivos) para crear mutaciones hereditarias (IAEA, 2018). Desde la década de 1960, los rayos gamma se han convertido en el agente mutagénico más comúnmente usado en la generación de mutaciones en plantas. El efecto de la mutación en plantas ornamentales es muy visible, por lo que la selección para cambios en el color de la flor, forma y tamaño es fácil; sin embargo, estos cambios no siempre presentan novedades con valor de importancia (Maluszynski *et al.*, 1995).

La radiosensibilidad es una propiedad intrínseca de los seres vivos que varía ampliamente entre organismos, especies y genotipos y en ningún caso se pueden extrapolar las dosis obtenidas en otras investigaciones para otros cultivos y variedades. La determinación de las dosis de radiación que se aplica en los trabajos de mejoramiento genético constituye una tarea imprescindible; así, diversos trabajos han permitido definir los intervalos de radiaciones gamma útiles

para muchas especies cultivadas, al determinar la radiosensibilidad de los tejidos por la exposición a diferentes intensidades de radiaciones (De la Fe *et al.*, 1996; Castillo *et al.*, 1997; Lemus *et al.*, 2002; Ramírez *et al.*, 2006). En especies forestales se han desarrollado trabajos aplicando con éxito las radiaciones ionizantes para modificar las características de germinación y supervivencia (Porosova, 1983; Rudolph, 1979; Sokolov *et al.*, 1998).

Sin embargo, la mayoría de los estudios realizados se han dirigido a evaluar la respuesta biológica a dosis elevadas de radiaciones, en tanto que en pocos estudios se han usado dosis bajas para estimular procesos fisiológicos (radioestimulación), pese a que el estudio de las radiaciones ionizantes han sido ampliamente sustentada (Luckey, 1980). El presente estudio se realizó para evaluar el efecto de diferentes dosis de rayos gamma de ^{60}Co sobre características fisiológicas vegetales y florales de dos variedades de gladiolo (radioestimulación) y posiblemente obtener cambios heredables.

II. Objetivo

2.1 Objetivo general

Evaluar la dosis de irradiación de ^{60}Co en cormos de gladiola variedades roja y blanca borrega.

2.2 Objetivos específicos

- 1) Evaluar los cambios vegetativos obtenidos en las plantas de dos variedades de gladiola a partir de cormos irradiados en Co^{60} .
- 2) Evaluar el efecto de la irradiación con Co^{60} en las características florales de las plantas obtenidas.
- 3) Evaluar el efecto de la irradiación con Co^{60} en la cantidad de cormos producidos en las plantas seleccionadas.

III. Hipótesis del trabajo

Al menos una dosis de la irradiación de Co^{60} aplicada a los cormos de gladiola arrojará cambios en el desarrollo vegetativo y/o floral de las plantas a partir de cormos, porcentaje de germinación, días a germinación, ciclo de floración de gladiolo, estimulando o reduciendo cada una de sus etapas fenológicas y/o reducción del crecimiento en un 30%.

IV. Revisión de literatura

4.1 Importancia del gladiolo en México y en el Estado de México

En México, la producción de gladiolo ocupa el primer lugar entre las flores que se propagan por cormos, se produce en los estados de Tlaxcala, México, Oaxaca, Morelos, Puebla, Veracruz, Michoacán y Guerrero. Esta especie ocupa el primer lugar en importancia como flor de corte, con 4.605 mil hectáreas sembradas, lo que supera al crisantemo y rosa con 2.675 y 1.745 mil ha, respectivamente. (SIAP, 2018). El gladiolo es una flor de corte de importancia comercial, los estándares modernos en variedad de colores y formas han ayudado a transformar esta flor estereotipada como fúnebre en favorita y puede ser un importante acento en arreglos florales (Reid, 2004). A la fecha no se dispone de material genético con algún grado de resistencia a los diversos problemas fitosanitarios. Una posible alternativa de inducción de variabilidad y mejoramiento es el uso de radiaciones ionizantes.

Su cultivo requiere de rotaciones periódicas de suelo en las diferentes áreas en donde se desarrolla, debido principalmente al serio problema de diseminación de enfermedades fungosas persistentes en el suelo, que permanecen después de su cultivo. Cada plantación produce su propio propágulo o cormo que se utiliza para los siguientes ciclos. En cada uno se producen decenas de cormillos, muchos de los cuales se quedan en el suelo y otros pasan a formar parte del material que se empleará en sucesivas plantaciones. Actualmente, en las condiciones de producción comercial de gladiola, solo es posible plantar una vez (o dos en el

mejor de los casos) en el mismo terreno y esperar de seis a ocho años para volver a cultivar en este, sin el riesgo de tener problemas fitosanitarios fuertes (Woltz *et al.*, 1977).

4.2 Clasificación taxonómica del gladiolo

La clasificación taxonómica del gladiolo se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación del gladiolo.

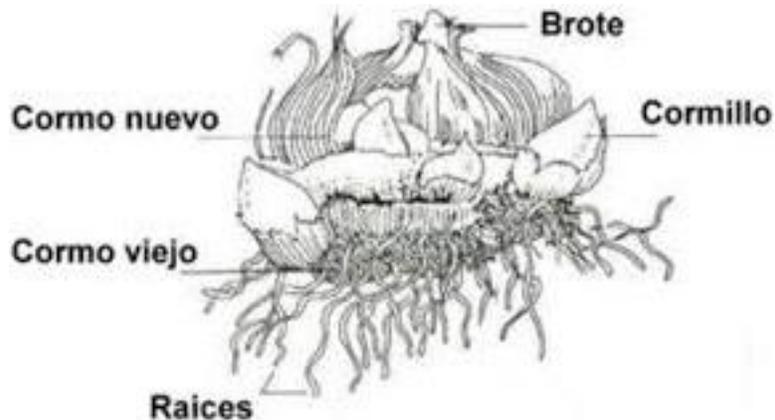
Super reino	Eukaryota
Reino	Viridiplantae
Filo	Streptophyta
Subfilo	Streptophytina
Clase	Liliopsida
Subclase	Petrosaviidae
Orden	Aparagales
Familia	Iridaceae
Genero	<i>Gladiolus</i>

Fuente: NCBI (2018)

4.3 Descripción botánica

Los gladiolos se caracterizan por su inflorescencia en forma de espiga y sus cormos de renovación anual, que durante el curso de la vegetación dan lugar a numerosos cormillos (Khalil *et al.*, 2014). La planta presenta hojas inferiores las cuales están reducidas a vainas y las superiores son dísticas, de lineales a

estrechamente lanceoladas. Los cormos son estructuras solidas de forma redondeada algo achatada, con el ápice de crecimiento en el centro de la zona superior (Weier *et al.*,1979).



Fuente: Ramirez (2016).

Figura 1. Partes del cormo

4.4 Fenología del gladiolo

El gladiolo comienza a formar la espiga floral entre las 4 y 6 semanas después de la plantación, y la floración se produce cuando ya han reposado. Si los cormos se colocan antes de la plantación a una temperatura entre 20 y 25 °C con una humedad relativa del 80% durante aproximadamente unos 30 o 40 días, tendrá lugar el arranque de la vegetación. Con una temperatura de 28 °C se obtiene floración muy precoz, pero se corre el riesgo de que aborten algunas flores, si se plantan los cormos en cajas o en macetas en un invernadero a 20°C, hasta la salida de la primera hoja, se pueden transplantar al aire libre (Gutierrez, 2014).



Figura 2. Cormos o material vegetativo.

4.5 Calidad vegetativa y floral del gladiolo

La altura común de los tallos es de 80 a 130 cm, que incluye tamaño de la espiga junto al número de botones florales (a mayor tamaño de espiga y mayor número de botones florales, mayor será su duración poscosecha), apertura de flores al corte y sanidad del tallo (Gutierrez, 2014).

4.6 Calidad comercial del gladiolo

La comercialización del gladiolo se ve afectada por la calidad del producto, manejo poscosecha, las fechas en que fue programada la producción y el lugar o mercado donde se comercializa. Los productores de la zona sur del Estado de México realizan la venta de la producción de gladiolo en los mercados de la Central de Abasto y de Jamaica en el Distrito Federal, así como en el mercado de flores del municipio de Tenancingo, Estado de México; con picos de demanda en las fechas de 10 de mayo, día de la madre; tercer domingo de junio, día del padre; 2 de

noviembre, día de muertos y 12 de diciembre, día de la Virgen de Guadalupe. Para estas fiestas, el productor programa la mayor superficie de siembra, sin embargo, al no tener control en la cantidad que se puede vender, el mercado se satura y el valor económico de la flor disminuye con repercusión directa en gastos de inversión.

Cuando no hay programación de cultivo entre productores, el mercado se satura y los precios disminuyen. De igual manera, cuando hay demanda de ciertas variedades su precio aumenta con respecto a otras. También puede darse el caso de que la mayor parte de la producción sea de tamaños pequeños y que disminuya la oferta de los tamaños mayores, así como el tamaño de espiga, en número de botones florales, colores vivos, libres de presentar algún tipo de enfermedad, plaga o daños causados por un mal manejo; entonces, estos son los que obtienen mayores precios muy por encima de los otros. Igualmente, se sabe que en ciertas ocasiones hay escasez de gladiolo en el mercado, aunque no siempre sea fecha de alta demanda.

4.7 Uso de irradiación en agricultura

La irradiación de ^{60}Co es un proceso de mejoramiento genético que tiene como objetivo la creación de nuevas variedades al cultivo que se aplique. En distintos estudios se ve comprobada la eficiencia de este método ya que la mayoría de los resultados han arrojado que la irradiación provoca cambios mutagénicos. En este sentido, Alvarez-Holguin *et al.* (2017) mencionan que en el proceso de mutagenesis es necesario establecer la dosis de irradiación con mayor

probabilidad de producir mutaciones efectivas. En general se consideran dos criterios para evaluar el efecto de la viabilidad; el primero es la dosis donde muere el 50% de los individuos irradiados (DL50) y el segundo, la dosis en donde se reduce el crecimiento en 50% (Akgüm y Tosun, 2004; Khalil *et al.*, 2014).

La mutagenesis por irradiación ha dado varios resultados en distintos cultivos; Lapins (1974), partiendo de la variedad Stella, la única variedad de cereza dulce auto compatible, logró obtener una variedad compacta auto compatible con reducción en el tamaño del 50% respecto a la variedad original, precoz y de alta productividad, sin modificar significativamente la apariencia, calidad y época de maduración de los frutos. En pera (*Pyrus communis*), Guaren (1982) reporta mutantes con resistencia al frío, y en naranja con menor cantidad de semillas. En nogal, Peiying *et al.* (1986) al tratar varetas con neutrones rápidos obtuvieron mutantes con porte bajo y copa reducida, reducción de flores masculinas, incremento en flores femeninas e incremento en rendimiento por árbol en 86.8%. Así mismo, en la planta de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), nativa de las Indias, las semillas de la variedad Yersy fueron irradiadas con dosis de 150 Gy a partir de rayos gamma de ^{60}Co , los resultados arrojaron una línea mutante de *Hibiscus sabdariffa* que difiere de la variedad donante (Yersy), en el ciclo fenológico, color de hojas, tallos, flores y frutos y en la forma de las hojas y rendimiento por planta (Gonzalez-Cepero *et al.*, 2011). Esta nueva variedad posee mayor potencial de rendimiento en condiciones de bajos suministros de agua, respecto a la variedad donante u original, y puede ser empleada como planta ornamental o como flor de

corte para arreglos florales debido al color de los frutos que generó (Gonzalez-Cepero *et al.*, 2011).

En Nardo (*Polianthes tuberosa* L.), Estrada-Basaldua y Pedraza Santos (2011) mencionan resultados poco alentadores pero de gran ayuda para futuras investigaciones. Este cultivo fue irradiado con el objetivo de inducir la variabilidad y para tal fin, tubérculos de nardo fueron irradiados con siete dosis de gamma Co⁶⁰ (0 a 30 Gy), con intervalos de 5 Gy entre tratamientos. En los nardos irradiados con altas dosis, se observó que el desarrollo de las plantas se vio disminuido; presentando mayor variación en el largo y ancho de las hojas; comparadas con las plantas no irradiadas, además se presentaron hojas deformes, brotes arrosetados, y estos se resecaaban repentinamente. Por otro lado, la dosis de 30 Gy fue letal para todas las plantas después de cinco meses de cultivo.

En agave irradiado, se buscó resistencia al tizón foliar causado por *Cercospora agavicola* que representa un alto riesgo en la zona de Los Altos de Jalisco, por desarrollarse en un clima que favorece la dispersión y germinación de las esporas. Se inocularon plántulas obtenidas a partir de yemas axilares, las dosis de utilizadas fueron 0 Gy (testigo), 5 Gy, 10 Gy, 15 Gy, 20 Gy, 25 Gy y 30 Gy, se evaluó como resultados la presencia de lesiones en milímetros cuadrados a los 21 días. El tamaño de la lesión disminuyó conforme la dosis de radiación se incrementó; se clasificaron en tres grupos de acuerdo con el grado de la lesión: 0 Gy y 5 Gy mayor al 90%, 10 Gy y 15 Gy de 60% a 80% y 20 Gy, 25 Gy y 30 Gy menor al 20% (Ángeles-Espino *et al.*, 2016).

En papaya cultivar Pusha Nanha, mutante enano obtenido por irradiación gamma, dioico y de 1.06 m de altura permite duplicar la densidad de plantación e incrementar en 50% el rendimiento (Lari, 1987). Así mismo, al evaluar el desarrollo vegetativo y reproductivo de plantas de aguacate de 2.5 años de edad, sometidas a radiación gamma de Co^{60} , en dosis de 0 a 25 Gy, encontraron que las variables altura, longitud de entrenudos y de brote nuevo, mostraron reducción de 17.6%, 9.8% y 32% en la dosis de 20 Gy para las dos primeras y de 15 Gy para longitud de brotes, en comparación con el testigo. En concordancia con esta reducción en el desarrollo vegetativo, se observó incremento en número de panículas y número de flores del 53% y 77% respectivamente, en la dosis de 25 Gy. El tratamiento de 15 Gy presentó 277% más frutos que el testigo, destacando el individuo número 376, que produjo 17 frutos al segundo año y que presenta crecimiento compacto (De La Cruz *et al.*,1994).

En gladiolo se realizó un estudio para ver el efecto de la irradiación gamma en atributos de crecimiento y floración en 20 variedades. El tratamiento con rayos gamma en los cormos dió como resultado la estimulación de brotación más temprana de los cormos. Se encontró que dosis más bajas, es decir, 15 Gy, son eficaces para mejorar algunos parámetros vegetativos y florales importantes (Karki y Srivastava, 2010).

Kuldeep Sahariya *et al.* (2017) utilizaron irradiaciones gamma en diez variedades de gladiolos (*Gladiolus hybrida* L.) irradiadas con intervalos de 5 Gy. Dosis de 15,20,25,30,35,40,45 y 50 Gy, se determinó que la brotación más temprana se registró en el tratamiento gamma de 30 Gy. La producción de cormos fue

influenciada debido a varias dosis de irradiación gamma durante los dos años de investigación. De manera similar, el peso de los bulbos por planta aumentó con dosis más bajas de radiación gamma en ambos años. El diámetro de los cormos fue influenciado significativamente.

Trejo-Téllez *et al.* (2014) mencionan un tratamiento a base de Co en varas florales de gladiola (*Gladiolus grandiflorus* Hort.) cultivar Roja Borrega en concentraciones (0, 0.3 y 0.6 mM) y su efecto en variables de poscosecha, encontraron efectos positivos en parámetros como el estrés hídrico de la vara floral, con una menor pérdida de peso en fresco, peso de materia seca y partición de N. Así también, se encontró un retraso en la degradación de pigmentos fotosintéticos.

V. Metodología

5.1 Obtención del material genético

Se realizaron colectas de cormos de gladiolo de las variedades roja y blanca borrega en la región de Villa Guerrero y Coatepec Harinas del Estado de México durante los meses de enero-febrero de 2018, con proveedores de cormo. Para obtener el cormo se realizó un muestreo dirigido y de manera visual, seleccionando aquellos que presenten un tamaño homogéneo y sin daños físicos. En total se colectaron 420 cormos en madurez fisiológica, se colocaron en bolsas de papel estraza, eliminando las impurezas y el material se almacenó en un cuarto frío con temperatura de 5 °C hasta la fecha de irradiación (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Cormos previos a irradiar de la variedad blanca borrega.



Figura 4. Selección y separación de cormos para irradiar de la variedad blanca borrega.

5.2 Irradiación de cormos

La irradiación se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) ubicado en “La Marquesa”, municipio de Ocoyoacac, Estado de México. Se utilizó un irradiador Gammacell 220, se evaluaron 10 niveles de irradiación, en intervalos de 10 Gray (Gy) de rayos gamma, iniciando desde 10 hasta 100 Gy, generando 10 tratamientos, además del testigo sin irradiar (Figuras 5 y 6).



Figura 5. Cormos por tratamientos, rojo y blanca borrega.

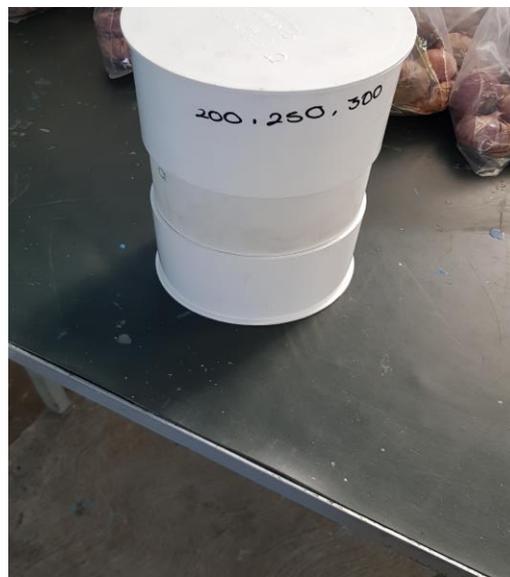


Figura 6. Capsula para irradiador.

5.3 Preparación y esterilización de sustrato

Para la siembra de los cormos irradiados se utilizó suelo agrícola –proveniente de los campos de la facultad- así como composta y agrolita. Los porcentajes considerados fueron: 40% de suelo agrícola, 40% de composta y 20% de agrolita. Posteriormente se realizó una mezcla homogénea, en un área despejada y libre dentro de la Facultad de Ciencias Agrícolas para esterilizarlo con Metam Sodio

(0.5 l /10 m²). Finalmente se realizó la cobertura con plásticos de invernaderos durante 15 a 20 días para que el producto aplicado gasificara para eliminar impurezas con la finalidad de prevenir enfermedades en el material vegetativo durante el desarrollo del proyecto (Figura 7).



Figura 7. Mezcla de sustratos.

5.4 Establecimiento del ensayo

Los cormos irradiados se sembraron en el invernadero 1 ubicado en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, del Campus Universitario El Cerrillo, Toluca. Se utilizaron macetas plásticas de 30x30cm (3 kg). Cada nivel de irradiación fue un tratamiento y contó de 20 repeticiones. El experimento se realizó bajo un diseño bifactorial 2x10, la unidad experimental fue una maceta con un cormo plantado.



Figura 8. Invernadero 1: Lugar de establecimiento del ensayo.

5.5 Variables a evaluar

Se registró la variable porcentaje de brotación durante los 30 días después de la siembra (dds) y se determinó la curva de radiosensibilidad; así mismo, durante el crecimiento de la planta se evaluaron los dds que transcurren para el inicio de la fase de espata y floración que expresa cada cormo irradiado hasta la emisión de flor. En este periodo se dió tutorio y se evaluó la formación de nuevos cormos.

- 1) En la etapa vegetativa se evaluaron a los 15, 30, 45, 60, 75, 90 ddp las variables :
 - a) Grosor de tallo (mm) con un vernier.
 - b) % de germinación
 - c) Color de hoja con un Spad (Figura 9).
 - d) % de planta deforme por cada dosis
 - e) Altura de planta (cm)

- 2) En etapa de floracion se evaluó:
 - a) Largo de la espiga (cm)
 - b) Largo de tallo más espiga (cm)
 - c) Número de flores por espiga
- 3) En cosecha se evaluó:
 - a) Número de cormos
 - b) Número de cormillos

De las plantas que conservaron las características fenotípicas superiores o iguales a las del cultivar original, se extrajo su cormo y cormillos para su multiplicación en sustrato esterilizado. La evaluación cualitativa se realizó de forma visual contrastando con el testigo.



Figura 9. Medición de verdor en hoja con spad.

Adicionalmente, en las dos variedades se determinó la dosis con alta probabilidad de inducir mutaciones efectivas a través de la estimación en la reducción del crecimiento en 50% (Grow reduction), tal como lo menciona Akgün y Tosun (2004)

y Khalil *et al.* (2014).

5.6 Análisis de los datos

Las variables evaluadas, a los 67 días después de la plantación se analizaron bajo un diseño factorial en arreglo completamente al azar en el paquete estadístico del programa SAS (SAS institute, versión 9.0). Para el resto de las fechas, se analizó bajo un diseño completamente al azar.

VI. Resultados

6.1 Brotación de cormos

La brotación del material vegetativo irradiado se presentó hasta los primeros 19 DDS en ambas variedades de gladiolo, con una germinación total por arriba del 70% de las plantas evaluadas (Figura 10).



Figura 10. Aspecto de la brotación a los 15 ddp.

En la brotación de la variedad roja se observó que, en los tratamientos T3, T6 y T7 (Cuadro 2), la brotación fue del 100%, mientras que en los tratamientos restantes, incluyendo al testigo sin irradiar, la brotación fue de entre un 90 a 95% (Figura 11).

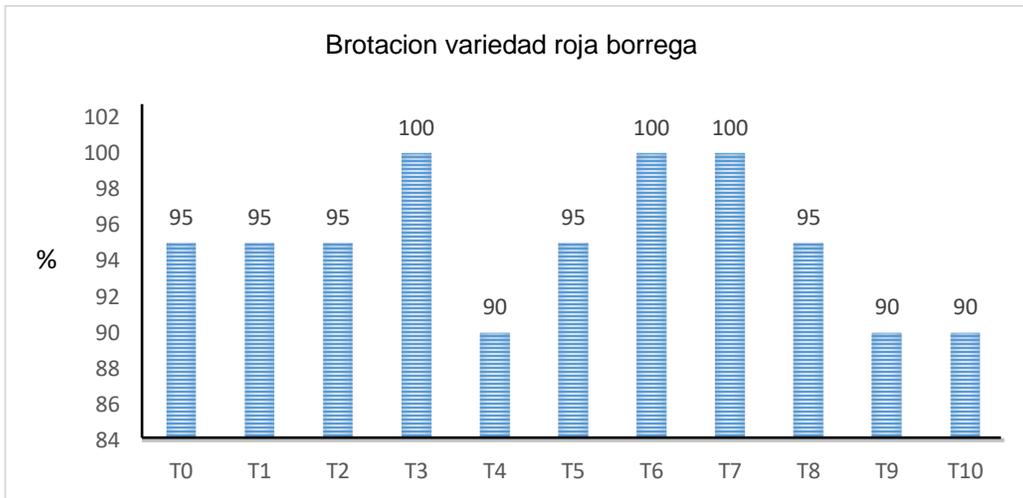


Figura 11. Porcentaje de brotación en la variedad roja borrega.

Para la variedad blanca, la brotación del 100% se alcanzó en los tratamientos T1, T2, T5, T7 y T8 (Cuadro 2), mientras que en los tratamientos restantes, exceptuando T10, la brotación fluctuó de 90-95%. En esta variedad se observó que en T10 (100 Gy) el porcentaje de brotación se vio afectado por este nivel máximo de irradiación utilizado, donde sólo se alcanzó un 70% de emergencia del cormo (Figura 12).

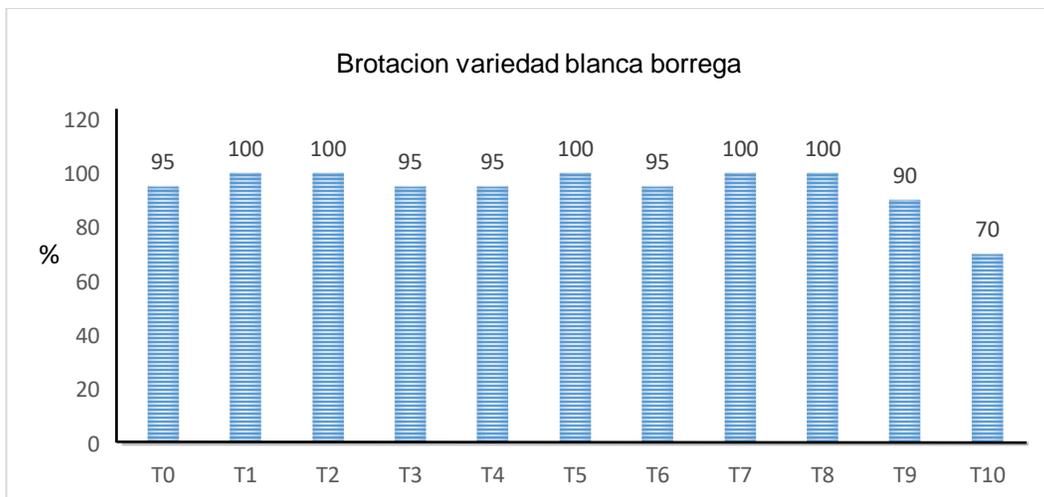


Figura 12. Porcentaje de brotación en la variedad blanca borrega.

6.2 Altura de planta

El análisis factorial a los 67 DDP, fecha en que se expresó el mayor crecimiento de planta, indicó diferencias altamente significativas para el factor variedad de gladiolo, así como en las dosis de irradiación y su estímulo en altura de planta. No se encontraron diferencias en la interacción variedad con el factor de dosis de radiación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis factorial para la variable altura de planta a los 67 DDS

F.V.	G.L	Días despues de la plantacion (DDP)
		67
Modelo	47	8.05**
Variedad	1	28.06**
Rep.	13	0.68 ^{n.s}
Variedad*rep	13	1.21 ^{n.s}
Irradiacion	10	31.34**
Variedad*Irradiacion	10	1.24 ^{n.s}
Error	260	170.80
Media		51.24
C.V (%)		25.50

- **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$)
- *Diferencias Significativa ($P \leq 0.05$)
- ^{n.s} Diferencias no significativa

Cuadro 3. Separación de medias para la variable altura de planta en el factor variedad.

Variedad	Días después de la plantacion (DDP)
	67
Roja borrega	55.19 a ¹⁾
Blanca borrega	47.30 b

- ¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en términos estadísticos.

En el factor variedad de gladiolo, la mayor altura promedio de planta se determinó en la variedad roja borrega (Cuadro 3), fue estadísticamente diferente a la blanca borrega.

La separación de medias para el factor dosis de irradiación del analisis factorial indicó que la mayor altura promedio de planta se determinó en la dosis de 30Gy, que fue estadísticamente similar con las dosis de 10, 20, 40 y 60 Gy, todas por arriba de la altura alcanzada en el testigo. La menor altura de planta en las dos variedades evaluadas se determinó con la dosis de 100Gy (Cuadro 4).

Cuadro 4. Separación de medias para el factor dosis de irradiación en altura de planta.

Nivel de irradiación	Días después de la plantación (DDP)
	67
30Gy	66.80 a ¹⁾
20Gy	61.51 a
60Gy	58.92 a
40Gy	58.50 a
10Gy	57.72 a
50Gy	57.52 a
Testigo	55.02 ab
70Gy	52.49 ab
80Gy	39.52 bc
90Gy	35.60 cd
100Gy	20.04 d

- ¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en términos estadísticos.

6.3 Verdor de hojas

El análisis factorial indicó que no existen diferencias significativas para las interacciones dentro de las dos variedades y no se estimuló un mayor verdor en hojas de gladiolo (Cuadro 5) a los 67 DDP. Para el factor variedades, se determinó que en blanca borrega y roja borrega no se estimuló un mayor verdor de hoja (Cuadro 6).

Cuadro 5. Análisis factorial para la variable verdor a los 67 DDS

F.V.	G.L	Días después de la plantacion (DDP)
		67
Modelo	29	3.27 n.s
Variedad	1	0.78 n.s
Rep.	4	1.96 n.s
Variedad*rep	4	1.09 n.s
Irradiación	10	3.54 n.s
Variedad*Irradiación	10	4.64 n.s
Error	80	13.47
Media		63.58
C.V (%)		5.77

- **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$)
- *Diferencias Significativa ($P \leq 0.05$)
- n.s Diferencias no significativa

Para el factor variedad de gladiolo se determino que en la blanca borrega y variedad roja borrega no se estimulo un mayor verdor de hoja (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores promedio para la variable verdor en hojas en el factor variedad.

Variedad	Días después de la siembra (DDS)
67	
Blanca borrega	63.88 a ¹⁾
Roja borrega	63.27 a

- ¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en términos estadísticos.

Para el valor de verdor en hojas, la separación de medias indicó que la dosis a 70Gy estimuló un mayor nivel de verdor, seguido de 30, 40 y 90 Gy que fueron estadísticamente similares, 100Gy presentó el valor más bajo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valores promedio

Nivel de irradiación	Días después de la plantación (DDP)
	67
Testigo	60.90 a ¹⁾
10Gy	62.50 a
20Gy	63.95 a
30Gy	65.79 a
40Gy	65.23 a
50Gy	65.44 a
60Gy	63.30 a
70Gy	65.86 a
80Gy	63.52 a
90Gy	64.07 a
100Gy	58.82 a

¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en términos estadísticos.

6.4 Grosor de tallo

El análisis factorial indicó diferencias altamente significativas en la variedad y la dosis de irradiación. En la interacción de variedad con el factor de radiación se presentaron diferencias significativas que estimularon un mayor grosor de tallo en gladiolo, pero no se encontraron diferencias significativas en repeticiones (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis factorial de grosor a los 91 DDP.

F.V.	G.L.	Días después de la plantacio (DDP)
		91
Modelo	43	2.27**
Variedad	1	21.07**
Rep.	11	1.25 ^{n.s}
Variedad*rep	11	1.04 ^{n.s}
Irradiación	10	3.16**
Variedad*Irradiación	10	1.97*
Error	220	32.83
Media		11.95
C.V (%)		47.94

- **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$)
- *Diferencias Significativa ($P \leq 0.05$)
- ^{n.s} Diferencias no significativa

Para el factor variedad de gladiolo, se determinó que el grosor de tallo fue mayor en la variedad blanca respecto a la variedad roja borrega (Cuadro 9) siendo estadísticamente diferente entre ambos, es decir, la variedad blanca expreso mayor grosor.

Cuadro 9. Separación de medias para la variable grosor de tallos en el factor variedad.

Variedad	Días después de la siembra (DDS)
	91
Blanca borrega	13.56 a ¹⁾
Roja borrega	10.33 b

- ¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en términos estadísticos.

En grosor de tallos para ambas variedades, de acuerdo a los resultados de análisis factorial, se determinó que la dosis de 30Gy estimuló el crecimiento de

grosor de tallos, seguido de 60Gy, y posteriormente seguido de los demás tratamientos de irradiación que superaron al testigo (Cuadro 10).

Cuadro 10. Separación de medias para el factor dosis de irradiación en la variable grosor de tallo.

Nivel de irradiación	Días después de la plantación (DDP)
	91
30Gy	15.44 a ¹
60Gy	13.92 ab
90Gy	13.44 abc
80Gy	13.33 abc
70Gy	12.52 abc
40Gy	12.21 abc
50Gy	11.25 abc
20Gy	11.08 abc
10Gy	10.50 abc
100Gy	9.14 bc
Testigo	8.57 c

1) Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en términos estadísticos (Tukey $\alpha = 0.05$).

6.5 Altura de planta expresada en la variedad roja borrega por fecha de muestreo.

Los resultados de análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) indicaron la existencia de diferencia altamente significativa desde los 19 hasta los 91 dds (Cuadro 11 y 12). Para las fechas posteriores, fueron no significativas. En estas tres fechas de siembra se dispuso de menor cantidad de planta por tratamiento al momento de realizar la evaluación debido al daño de *Fusarium* spp. y *Stromatinia* spp. que se presentó al final del ciclo.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) de la variedad roja borrega.

F.V.	Altura de planta						
	Días después de la plantacion (DDP)						
	19	27	35	43	51	59	67
Dosis	23.48**	17.99**	11.50**	14.22**	14.75**	18.75**	12.04**
Error	32.60	66.82	136.49	155.20	168.74	138.98	226.86
Media	11.19	19.67	28.29	37.45	47.07	52.79	55.01
C.V.(%)	50.99	41.54	41.28	33.26	27.59	22.32	27.37

- **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$)
- *Diferencias Significativa ($P \leq 0.05$)
- ^{n.s} Diferencias no significativa

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) de la variedad roja borrega.

F.V.	Altura de planta					
	Días después de la plantacion (DDP)					
	75	83	91	99	107	115
Dosis	11.01**	3.77**	2.55**	0.79 ^{n.s}	0.85 ^{n.s}	0.62 ^{n.s}
Error	240.73	812.40	993.52	1315.02	1386.32	1445.04
Media	58.80	48.04	42.82	49.50	43.20	41.17
C.V.(%)	26.38	59.32	73.60	73.25	86.18	92.32

- **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$)
- *Diferencias Significativa ($P \leq 0.05$)
- ^{n.s} Diferencias no significativa

Respecto al efecto de la dosis de radiación, la que estimuló una mayor altura de planta fue T3 en todas las fechas de muestreo hasta los 91 días. La separación de medias indicó que fue estadísticamente diferente con las dosis de T7 a T10. Sin embargo, fue estadísticamente similar con T1, T5 y T6 durante todo el ensayo, la menor altura de planta se presentó en T7 a T10, aunque fue T10 la que inhibió la altura de planta en la variedad roja borrega (Cuadro 13 y 14).

Cuadro 13. Separación de medias para la variable altura de planta de la variedad roja borrega.

Tratamientos (Dosis de irradiación)	Altura de planta (cm)								
	Días después de la plantación (DDP)								
	19	27	35	43	51	59	67	75	83
T0	15.36 a ¹	25.36 a	36.02 ab	44.40 ab	51.63 a	58.05 ab	56.57 ab	70.93 ab	27.37 bc
T1	15.10 a	24.35 ab	35.41 ab	44.75 ab	52.61 a	57.76 ab	59.58 ab	63.51 abc	44.17 abc
T2	13.36 ab	23.20 ab	32.62 ab	44.23 ab	56.14 a	60.47 ab	62.28 a	62.49 abc	54.45 abc
T3	18.32 a	29.46 a	38.48 a	50.98 a	60.08 a	68.00 a	71.55 a	76.54 a	71.01 a
T4	16.50 a	24.58 ab	31.89 ab	42.41 ab	50.52 a	61.15 ab	62.28 a	65.56 abc	60.00 ab
T5	16.47 a	26.34 a	34.11 ab	42.06 ab	53.83 a	56.89 ab	58.96 ab	58.24 bcd	40.17 abc
T6	14.40 a	23.01 ab	34.01 ab	43.28 ab	56.17 a	61.31 ab	64.55 a	68.07 ab	62.59 a
T7	7.47 bc	15.87 cb	24.07 bc	36.34 bc	47.16 ab	51.22 bc	55.79 ab	59.55 abcd	55.65 abc
T8	4.03 cd	10.45 cd	15.65 c	24.08 cd	34.14 bc	40.25 cd	43.98 bc	47.94 cde	46.40 abc
T9	1.54 cd	7.32 cd	14.51 c	21.37 d	31.12 c	36.45 d	39.40 c	43.35 de	41.07 abc
T10	0.58 d	6.49 d	14.43 c	18.03 d	24.31 c	28.17 d	29.79 c	30.68 e	25.61 c

¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en términos estadísticos (Tukey $\alpha = 0.05$)

Cuadro 14. Separación de medias para la variable altura de planta (cm) de la variedad roja borrega.

Tratamientos (Dosis de irradiación)	Altura de planta (cm)			
	Días después de la plantación (DDP)			
	91	99	107	115
T0	20.58 c ¹	66.58 a	66.90 a	67.54 a
T1	37.43 abc	67.34 a	45.28 a	45.54 a
T2	36.66 abc	51.26 a	47.72 a	33.58 a
T3	66.68 a	65.88 a	67.60 a	39.12 a
T4	48.00 abc	48.74 a	46.40 a	57.20 a
T5	34.23 abc	45.18 a	39.84 a	26.96 a
T6	62.93 ab	61.52 a	42.46 a	40.54 a
T7	51.86 abc	41.46 a	39.82 a	39.12 a
T8	47.35 abc	36.88 a	39.44 a	46.64 a
T9	41.85 abc	33.82 a	24.90 a	37.62 a
T10	23.58 bc	25.90 a	14.86 a	18.54 a

¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en terminos estadísticos (Tukey $\alpha = 0.05$).

6.6 Altura planta expresada en la variedad blanca borrega por fecha de muestreo.

Los análisis de varianza para los valores de altura en la variedad Blanca Borrega indicaron la existencia de una diferencia altamente significativa desde los 19 (DDP) hasta los 99 (DDP) (Cuadros 15 y 16). En las dos fechas posteriores no existieron cambios significativos debido a la presencia de *Fusarium* spp. y *Stromatinia* spp. que afectaron directamente al porcentaje de población de planta .

Cuadro 15. Analisis de varianza para la variable altura de planta (cm) de la variedad blanca borrega.

F.V.	Altura de planta						
	Días después de la plantacion (DDP)						
	19	27	35	43	51	59	67
Dosis	15.60**	24.96**	40.06**	40.80**	44.51**	41.84**	35.12**
Error	15.42	23.40	38.66	41.83	57.21	74.25	96.91
Media	5.80	13.26	24.57	27.43	39.58	42.76	47.30
C.V.(%)	67.71	36.46	25.30	23.57	19.10	20.14	20.81

- **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$)
- *Diferencias Significativa ($P \leq 0.05$)
- n.s Diferencias no significativa

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) de la variedad blanca borrega.

F.V.	Altura de planta					
	Días después de la siembra (DDS)					
	75	83	91	99	107	115
Dosis	27.75**	10.17**	5.66**	5.35**	1.36 ^{n.s}	1.48 ^{n.s}
Error	124.25	321.45	412.47	488.84	846.43	811.94
Media	49.05	43.40	44.45	43.42	34.13	32.48
C.V.(%)	22.72	41.30	45.68	50.91	85.24	87.70

- **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$)
- *Diferencias Significativa ($P \leq 0.05$)
- n.s Diferencias no significativa

De acuerdo al efecto de irradiación para altura de planta, de los 19 a 43 DDP, los tratamientos, T0 (testigo), T2 (20 Gy), T3 (30Gy) y T4 (40Gy) fueron los que presentaron el mayor valor de altura; los tratamientos T0 y T2 destacan sobre los demás, seguidos de T3 y T4. Por el contrario, los de menor altura fueron los tratamientos de 80 a 100 Gy.

Para fechas de evaluación posteriores, a partir de los 51 DDP, el tratamiento a base de 30 Gy (T3) presentó la mayor altura, hasta el final del ensayo, siendo estadísticamente similar a T0, T2, T4 y T5; es de destacar que el tratamiento T2 fue el que originó la segunda mayor altura de planta durante las diferentes evaluaciones, seguido de la dosis a 40 Gy. En este periodo se mantuvo la tendencia de los tratamientos T8, T9 y T10 que presentaron la menor altura, es decir, los nivel de irradiación en estos tratamientos inhibieron el crecimiento y desarrollo de las plantas de gladiolo variedad Blanca Borrega (Cuadros 17 y 18).

Cuadro 17. Separación de medias para la variable altura de planta de la variedad blanca borrega.

Tratamientos (Dosis de irradiación)	Altura de planta (cm)								
	Días después de la plantación (DDP)								
	19	27	35	43	51	59	67	75	83
T0	12.37 a ¹	21.764 a	36.164 a	39.579 a	48.285 ab	50.479 ab	56.821 ab	61.343 ab	48.957 ab
T1	0.77 ef	13.77 cd	31.18 ab	33.59 abc	47.66 ab	51.64 ab	55.20 ab	57.25 ab	55.02 ab
T2	10.74 ab	19.90 ab	32.22 ab	37.25 a	49.74 a	54.05 a	58.34 ab	58.44 ab	50.39 ab
T3	9.32 abc	17.82 abc	32.28 ab	34.46 ab	53.03 a	57.35 a	62.52 a	65.26 a	58.28 a
T4	8.36 abc	17.15 abcd	29.97 abc	34.46 ab	45.90 ab	48.77 ab	52.84 ab	50.29 bc	44.22 abc
T5	5.36 cde	15.85 abcd	28.71 abc	31.63 abc	47.01 ab	50.45 ab	55.12 ab	56.30 ab	55.02 ab
T6	6.63 bcd	14.52 bcd	27.22 bc	28.15 bc	44.91 ab	49.15 ab	54.23 ab	57.12 ab	54.40 ab
T7	5.75 cd	11.60 de	22.85 cd	26.31 c	39.13 b	43.15 b	48.75 b	51.45 b	44.82 ab
T8	2.25 def	6.95 e	15.29 de	18.06 d	26.80 c	30.00 c	35.21 c	36.86 cd	33.77 bc
T9	2.22 def	6.05 ef	12.00 e	14.77 d	25.80 c	27.27 c	30.93 c	33.12 d	22.33 cd
T10	0.00 f	0.54 f	1.57 f	3.53 e	7.07 d	8.18 d	10.30 d	12.08 e	10.18 d

¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en términos estadísticos (Tukey $\alpha = 0.05$).

Cuadro 18. Separación de medias para la variable altura de planta de la variedad roja borrega.

Tratamientos (Dosis de irradiación)	Altura de planta (cm)			
	Días después de la plantacion (DDP)			
	91	99	107	115
T0	47.11 ab ¹	36.508 bc	26.07 a	22.71 a
T1	50.233 ab	50.917 ab	35.27 a	30.89 a
T2	50.992 ab	56.725 ab	37.57 a	35.79 a
T3	57.75 a	66.55 a	51.15 a	52.26 a
T4	48.98 ab	41.05 abc	39.84 a	39.21 a
T5	51.36 ab	47.87 ab	39.79 a	28.56 a
T6	58.43 a	55.00 ab	42.23 a	44.67 a
T7	48.79 ab	46.57 ab	38.12 a	37.08 a
T8	36.74 abc	36.62 bc	29.71 a	30.02 a
T9	25.42 bc	28.10 bc	24.44 a	23.22 a
T10	13.14 c	13.69 c	11.25 a	12.97 a

¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en terminos estadísticos (Tukey $\alpha = 0.05$).

En ambos genotipos, se determinó que la dosis a 30 Gy indujo la mayor altura de planta, seguido de 50 Gy, la cual fue estadísticamente diferente con respecto a los demás tratamientos. La variedad roja y blanca presentaron diferencias altamente significativas desde los 19 DDP hasta los 91 para la variedad roja y 99 DDP para la variedad blanca (Cuadros 17 y 18). Así mismo, en las dosis más altas de irradiación, T8 (80 Gy) a T10 (100 Gy), se determinó que las plantas fueron severamente afectadas en el crecimiento y desarrollo. Con esto, se determina que las dosis de irradiación aplicadas al material vegetal de gladiolo tuvieron efectos

dependiendo de la dosis de irradiación. La dosis T3 estimuló a expresar una mayor altura respecto a los testigos de las dos variedades.

En la figura 13, se observó que la altura promedio de planta en la variedad roja borrega presentó un crecimiento continuo hasta los 75 DDS, a partir del cual inicia un descenso por acame y daño de secamiento (*Fusarium spp.* y *Stromatinia spp.*) que se presentó en el último tercio del ciclo de desarrollo del ensayo. La dosis de irradiación de 30 Gy (Tratamiento 3) presentó la mayor altura de planta durante todo el ciclo fenológico, incluso por arriba del testigo sin irradiar. Por otro lado, los tratamientos T9 y T10 fueron los que expresaron la menor altura durante todo el ciclo y entre tratamientos, ambos estadísticamente diferentes con T3.

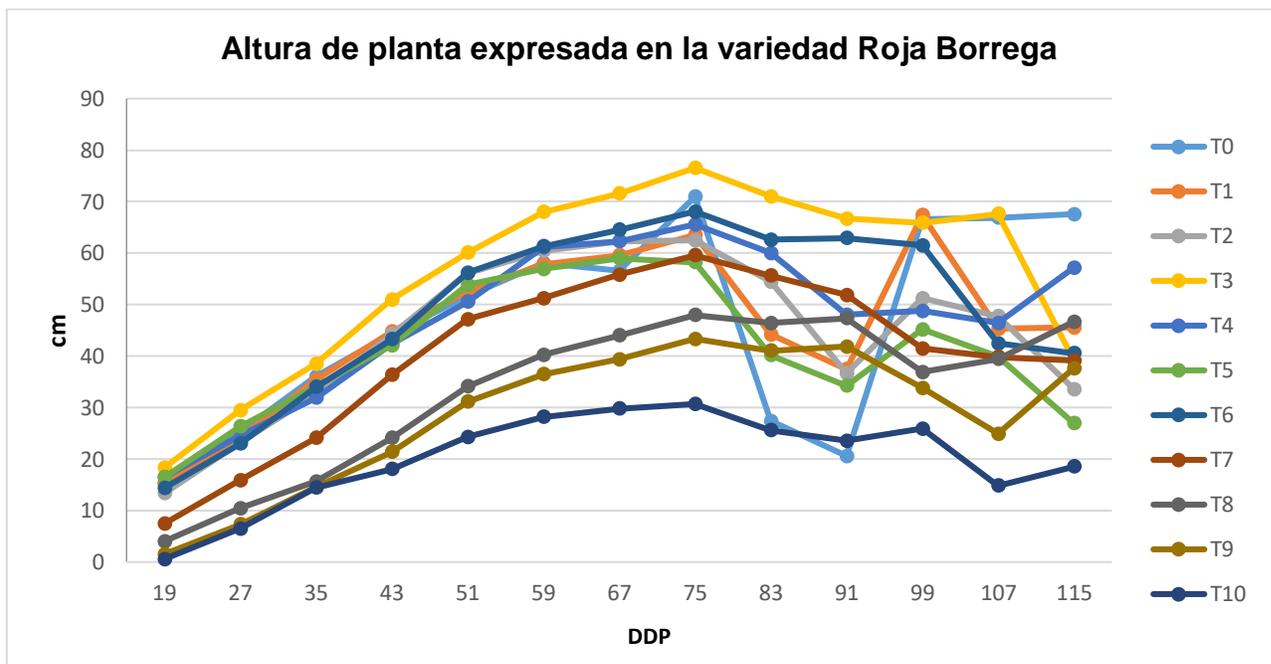


Figura 13. Altura de planta determinada en la variedad roja borrega a través del tiempo.

En la variedad blanca borrega, el comportamiento de la altura de planta durante el desarrollo del ciclo presentó un crecimiento continuo hasta los 75 DDS (similar al de roja borrega) destacando los tratamiento T3 (30 Gy) y T4 (40 Gy) como los que estimularon una mayor altura respecto a los demás tratamientos y al testigo sin irradiar. En los tratamientos T8 (80Gy), T9 (90Gy) y T10 (100Gy) se observó claramente que a niveles altos de radiación se indujo una menor altura de planta, es decir, se inhibió la altura de planta.

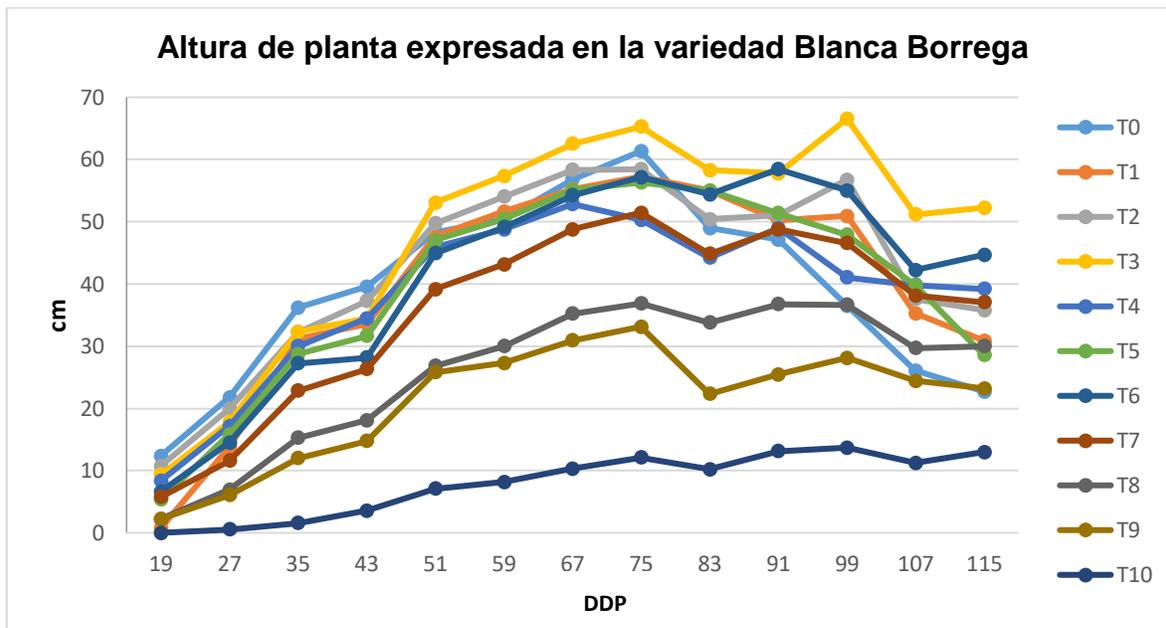


Figura 14. Altura de planta determinada en la variedad blanca borrega a través del tiempo.

En general, se observó que el efecto de la irradiación en las dos variedades evaluadas, indujo una variabilidad en el comportamiento de la altura de las plantas a través del tiempo, destacando el tratamiento T30 (30 Gy) con respecto al testigo y entre tratamientos en las dos variedades; para todas las fechas evaluadas existió diferencias estadísticas para la variedad roja borrega, presentando alturas

variables de acuerdo al nivel de radiación utilizada. Por otro lado, en la variedad blanca no se observó una variabilidad tan marcada entre los tratamientos en especial a partir de los 75 DDS como fue en la variedad roja borrega.

6.7 Verdor de hojas expresada en la variedad roja borrega por fecha de muestreo.

En la variedad blanca borrega se obtuvo el mayor valor promedio con respecto a la variedad roja durante todo el ciclo fenológico; mientras que en las plantas tratadas con la dosis de 10Gy expresaron el menor valor de verdor en la variedad blanca borrega, en tanto que, para la variedad roja borrega, el menor verdor se expresó en las plantas tratadas con la dosis de 50 Gy.

Para la variedad roja borrega, el análisis de varianza indicó que en las primeras dos fechas de medición (43 y 51 DDP) se presentaron diferencias altamente significativas, mientras que a los 67, 115 y 123 DDP presentaron diferencias significativas. Los valores de mayor verdor se presentaron en las fechas 59 DDP, aunque no existieron diferencias significativas (Cuadros 19 y 20) entre las dosis evaluadas, seguidas en la fecha a los 51 donde se presentaron diferencias altamente significativas, y a los 67 DDP solo se encontró diferencia significativa entre las dosis evaluadas.

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable verdor en hojas de la variedad roja borrega en diferentes fechas de muestreo.

F.V.	Verdor de hojas						
	Días después de la plantacion (DDP)						
	43	51	59	67	75	83	91
Dosis	3.55**	3.62**	1.29 n.s	2.36*	0.78 n.s	1.29 n.s	1.58 n.s
Error	22.76	11.41	15.37	16.97	37.81	31.77	80.88
Media	61.43	64.12	65.38	63.27	62.62	59.92	59.39
C.V.(%)	7.76	5.26	5.99	6.51	9.82	9.40	15.14

- **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$)
- *Diferencias Significativa ($P \leq 0.05$)
- n.s Diferencias no significativa

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable verdor en hojas de la variedad roja borrega en diferentes fechas de muestreo.

F.V.	Verdor de hojas			
	Días después de la plantacion (DDP)			
	99	107	115	123
Dosis	0.97 n.s	0.97 n.s	2.32*	2.36*
Error	151.30	243.94	392.77	712.30
Media	58.61	57.65	51.52	40.59
C.V.(%)	20.98	27.08	38.46	65.73

- **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$)
- *Diferencias Significativa ($P \leq 0.05$)
- n.s Diferencias no significativa

De acuerdo a la separación de medias en verdor de hojas, el tratamiento T8 (80Gy) presentó niveles más altos a partir de los 51 DDP hasta el final del trabajo, seguido del tratamiento T9 (90Gy), aunque en ambos no se desarrolló una adecuada altura de planta; y T3 (30Gy) aunque con un menor valor respecto al tratamiento T8, mientras que el testigo y T10 (100Gy) son los que expresaron menor nivel de verdor (Cuadros 21 y 22).

Cuadro 21. Separación de medias para la variable verdor de hojas expresada por efecto de diversas dosis de irradiación en la variedad roja borrega.

Tratamientos (Dosis de irradiación)	Verdor de hojas								
	Días después de la plantacion (DDP)								
	43	51	59	67	75	83	91	99	107
T0	64.36 abc ¹	66.22 a	60.54 a	55.30 b	62.62 a	55.42 a	46.44 a	46.90 a	49.70 a
T1	65.40 ab	66.96 a	67.86 a	63.42 ab	61.72 a	57.80 a	56.60 a	59.32 a	56.88 a
T2	65.60 ab	65.68 a	66.04 a	63.72 ab	61.22 a	56.10 a	56.74 a	50.56 a	49.46 a
T3	60.94 abc	65.54 a	66.04 a	64.04 a	63.08 a	58.54 a	56.50 a	60.60 a	62.76 a
T4	67.24 a	66.10 a	67.02 a	64.88 a	61.54 a	62.94 a	60.80 a	60.50 a	63.18 a
T5	56.38 abc	63.52 ab	66.44 a	63.92 ab	59.88 a	62.52 a	60.74 a	58.24 a	50.52 a
T6	59.22 abc	65.72 a	65.48 a	62.18 ab	63.62 a	60.56 a	61.24 a	59.82 a	61.40 a
T7	54.70 c	61.04 ab	64.54 a	66.20 a	62.56 a	58.02 a	59.94 a	61.08 a	61.76 a
T8	58.50 abc	65.36 a	66.76 a	64.92 a	68.72 a	63.54 a	61.820 a	64.02 a	64.98 a
T9	60.80 abc	61.46 ab	64.64 a	63.84 ab	63.96 a	61.58 a	64.96 a	65.40 a	65.40 a
T10	62.62abc	57.74 b	63.86 a	63.56 ab	59.92 a	62.20 a	64.58 a	58.28 a	48.20 a

¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en terminos estadísticos (Tukey $\alpha = 0.05$).

Cuadro 22. Separación de medias para la variable verdor de hojas expresada por efecto de diversas dosis de irradiación en la variedad roja borrega.

Tratamientos (Dosis de irradiación)	Verdor de hojas	
	Días después de la plantación (DDP)	
	115	123
T0	47.44 a ¹	38.26 a
T1	46.86 a	36.28 a
T2	35.14 a	24.54 a
T3	61.46 a	63.06 a
T4	64.96 a	36.60 a
T5	24.82 a	13.14 a
T6	61.96 a	51.28 a
T7	59.26 a	60.90 a
T8	61.08 a	60.22 a
T9	63.32 a	50.16 a
T10	40.44 a	12.14 a

¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en terminos estadísticos (Tukey $\alpha = 0.05$).

6.8 Verdor de hojas expresada en la variedad blanca borrega por fecha de muestreo.

En la variedad blanca borrega se presentaron diferencias altamente significativas desde los 43 DDP hasta los 107 DDP (Cuadros 23 y 24), siendo las dos últimas fechas en la que mayores niveles de verdor se presentaron, seguida de los 67 DDP, mientras que en las dos últimas fechas se presentaron diferencias no significativas.

Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable verdor en hojas expresada por efecto de diversas dosis de irradiación en la variedad blanca borrega.

F.V.	Verdor de hojas						
	Días después de la plantacion (DDP)						
	43	51	59	67	75	83	91
Dosis	10.59**	4.66**	6.19**	6.23**	3.89**	3.19**	2.70*
Error	78.26	22.76	14.27	11.25	27.26	28.73	29.85
Media	55.61	60.63	63.81	63.88	63.03	62.18	62.41
C.V.(%)	15.90	7.87	5.91	5.25	8.28	8.62	8.75

- **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$)
- *Diferencias Significativa ($P \leq 0.05$)
- n.s Diferencias no significativa

Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable verdor en hojas expresada por efecto de diversas dosis de irradiación en la variedad blanca borrega.

F.V.	Verdor de hojas			
	Días después de la plantacion (DDP)			
	99	107	115	123
Dosis	6.15**	2.91**	1.10 n.s	1.29 n.s
Error	9.688647	22.939455	20.757727	82.099000
Media	62.76291	64.04545	63.35455	61.95091
C.V.(%)	4.959393	7.478306	7.191378	14.62585

- **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$)
- *Diferencias Significativa ($P \leq 0.05$)
- n.s Diferencias no significativa

La separación de medias indicó que T3 (30Gy) presentó los mayores niveles de verdor seguido de T4 (40Gy) y T5 (50Gy), en términos estadísticos los demás tratamientos presentaron niveles de verdor muy similares entre ellos durante todo el ensayo (Cuadros 25 y 26). En T10 se presentaron valores por debajo del testigo.

Cuadro 25. Separación de medias para la variable verdor de hojas expresada por efecto de diversas dosis de irradiación en la variedad blanca borrega.

Tratamientos (Dosis de irradiación)	Verdor en hojas										
	Días después de la plantacion (DDP)										
	43	51	59	67	75	83	91	99	107	115	123
T0	60.8 a ¹	63.9 a	64.2 a	66.5 a	60.0 ab	59.8 ab	56.1 a	55.2 c	58.8 b	60.86 a	60.70 a
T1	62.6 a	61.2 a	62.8a	61.6 a	62.5 ab	59.3 ab	58.9 a	59.4 bc	58.3 b	59.16 a	63.24 a
T2	59.3 a	62.1 a	65.8 a	64.2 a	60.0 ab	62.1 ab	59.8 a	62.2 abc	59.8 ab	63.66 a	60.92 a
T3	62.3 a	64.8 a	67.3 a	67.5 a	64.6 a	67.5 a	65.1 a	65.9 ab	65.4 ab	66.38 a	65.82 a
T4	58.8 a	63.4 a	66.9 a	65.6 a	68.2 a	67.9 a	66.2 a	64.8 ab	67.4 ab	65.44 a	62.60 a
T5	61.2 a	63.2 a	67.4 a	66.9 a	70.1 a	60.4 ab	65.8 a	63.9 ab	63.5 ab	62.54 a	60.42 a
T6	61.0 a	61.7a	64.8 a	64.4 a	64.6 ab	61.8 ab	65.6 a	64.3 ab	65.6 ab	62.58 a	66.42 a
T7	58.9 a	62.1 a	64.5 a	65.5 a	64.8 a	64.8 a	60.9 a	61.9 ab	64.4 ab	63.44 a	63.82 a
T8	53.2 a	57.0 ab	60.2 ab	62.1 a	63.3 ab	64.3 a	65.0 a	63.3 ab	69.5 a	65.90 a	64.66 a
T9	55.9 a	58.7 ab	65.2 a	64.3 a	63.6 ab	63.5 ab	66.5 a	67.8 a	66.9 ab	63.00 a	63.46 a
T10	17.7 b	48.7 b	52.8 b	54.1 b	52.7 b	52.6 b	56.6 a	61.6 abc	64.9 ab	63.94 a	49.40 a

¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en terminos estadísticos (Tukey $\alpha = 0.05$).

A diferencia de lo observado con la variable altura de planta, en verdor fue evidente que la irradiación estimuló valores por arriba del testigo en ambas variedades; pero la variedad blanca borrega fue la que expresó un mayor valor de verdor en todas dosis de irradiación. Respecto a lo determinado en la variedad roja, existió una diferencia de 3.56 unidades de verdor entre ellas. Sin embargo, cada variedad tuvo diferente respuesta en la expresión de esta variable, de tal forma que, en la variedad roja, la dosis de irradiación a 80 Gy presentó el mayor valor de verdor mientras que la variedad blanca el tratamiento T3 (30 Gy) indujo los mayores niveles de verdor (Cuadro 25).

El valor promedio de verdor en la variedad roja borrega presentó niveles estadísticamente diferentes desde la primera fecha de medición. En las primeras fechas se observó que el valor obtenido presentó poca variación de las plantas obtenidas en cada tratamiento hasta los 91 DDP (Figura 15). En las últimas fechas de medición se observó un decremento en el nivel de verdor, debido a que las plantas desarrollaron cambios en la coloración del tejido por el daño de secamiento por *Fusarium* spp. y *Stromatinia* spp., además de la senescencia del cultivo; es de resaltar que T3 (30Gy) al final del ensayo presentó el nivel de mayor verdor con respecto a los tratamientos T10 (100Gy) y T5 (50Gy).

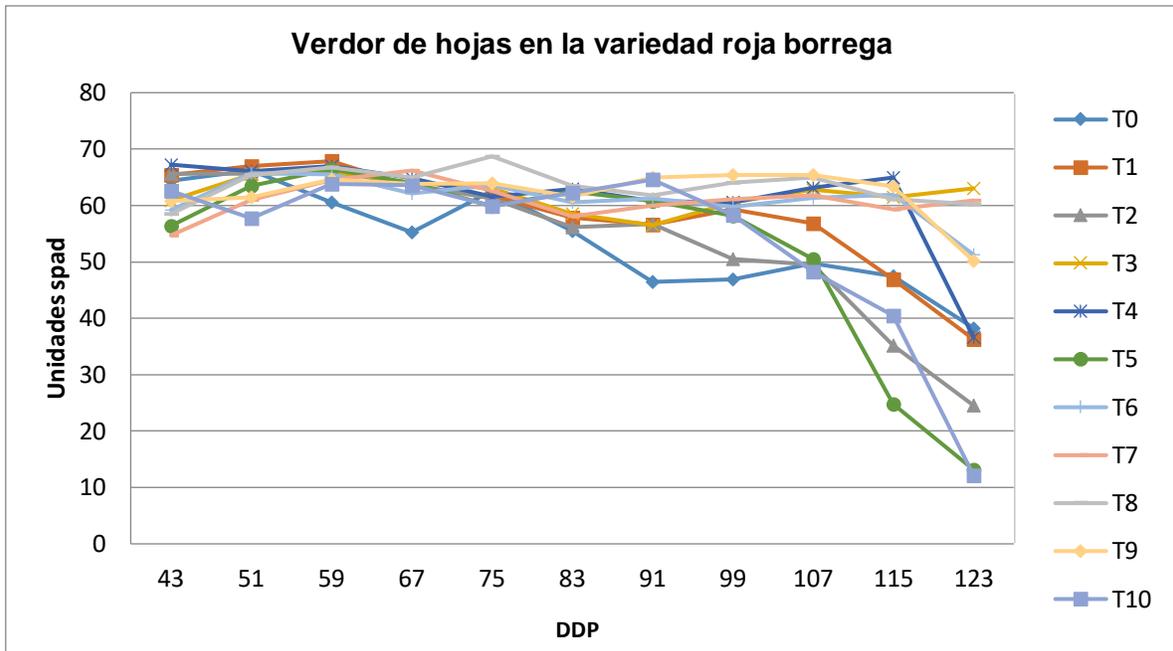


Figura 15. Verdor de hojas en la variedad roja borrega a través del tiempo.

Para la variedad blanca borrega, los resultados indicaron que el verdor de las plantas fue continuo de principio a fin en la mayoría de los tratamientos, pero estadísticamente diferente entre ellos, a pesar de presentar cierto nivel de incidencia de marchitez. Fue evidente que T10 (100Gy) se comportó de manera diferente al resto de los tratamientos evaluados, debido principalmente a que las plantas no desarrollaron, y fue estadísticamente diferente respecto al resto de los tratamientos con menor nivel de irradiación según lo que se observa en la figura 16.

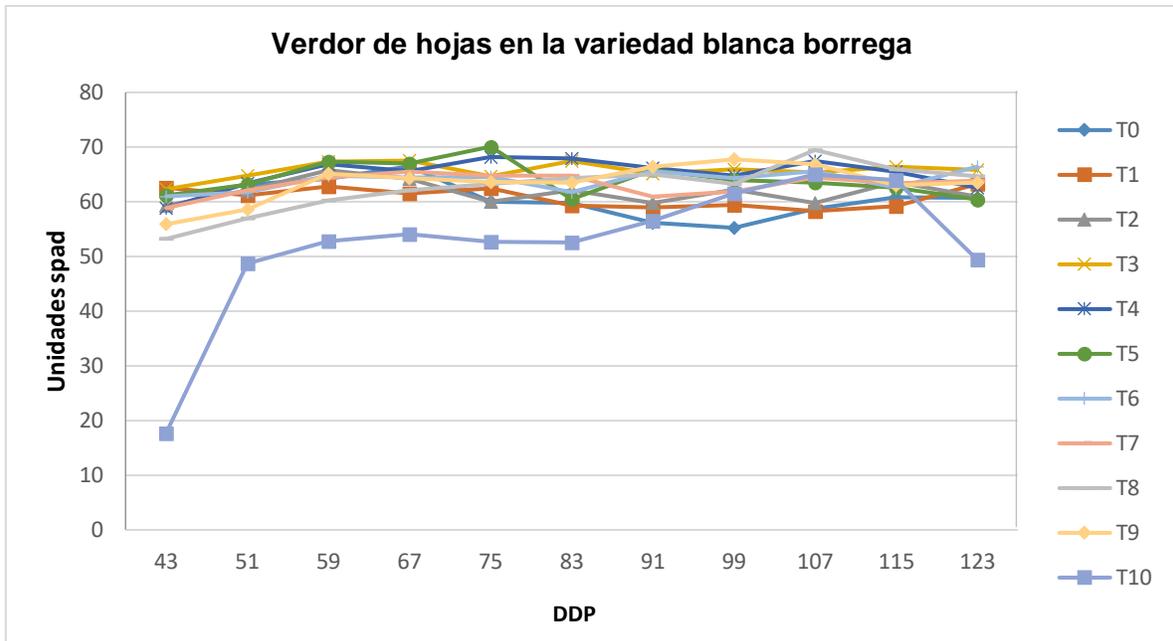


Figura 16. Verdor de hojas en la variedad blanca borrega a través del tiempo.

En las dos variedades evaluadas, existió marcada diferencia entre los valores de verdor de los tratamientos irradiados con respecto al testigo sin irradiar; por otro lado, en la variedad roja borrega existió mucha variabilidad en el comportamiento de los tratamientos dando como resultado final que T3 presentó el mayor nivel de verdor, pero en la variedad blanca borrega se observó un comportamiento totalmente distinto, debido a que los valores de verdor fueron similares en la mayoría de los tratamientos, es decir, no existió un comportamiento diferencial entre los tratamientos a excepción de T10, que debido al alto nivel de irradiación provocó que se inhibiera el verdor en las hojas, aunque T8 presentó el mejor nivel de verdor al final del ensayo en la variedad blanca borrega.

6.9 Grosor de tallo expresado.

En general, se observó que las dos variedades de gladiolo se estimularon a expresar un mayor grosor de tallos en todas las dosis utilizadas, con respecto al testigo.

El grosor promedio de tallo en la variedad roja borrega presentó un crecimiento constante hasta los 99 DDP, posteriormente se presentó una reducción en el grosor a causa de la incidencia del daño por *Fusarium* spp. y *Stromatinia* spp. el cual afectó principalmente a T5 (50Gy) y T10 (100Gy) (Figura 17), el tratamiento 3 (30 Gy) fue el que mayor grosor presentó al final del ensayo.

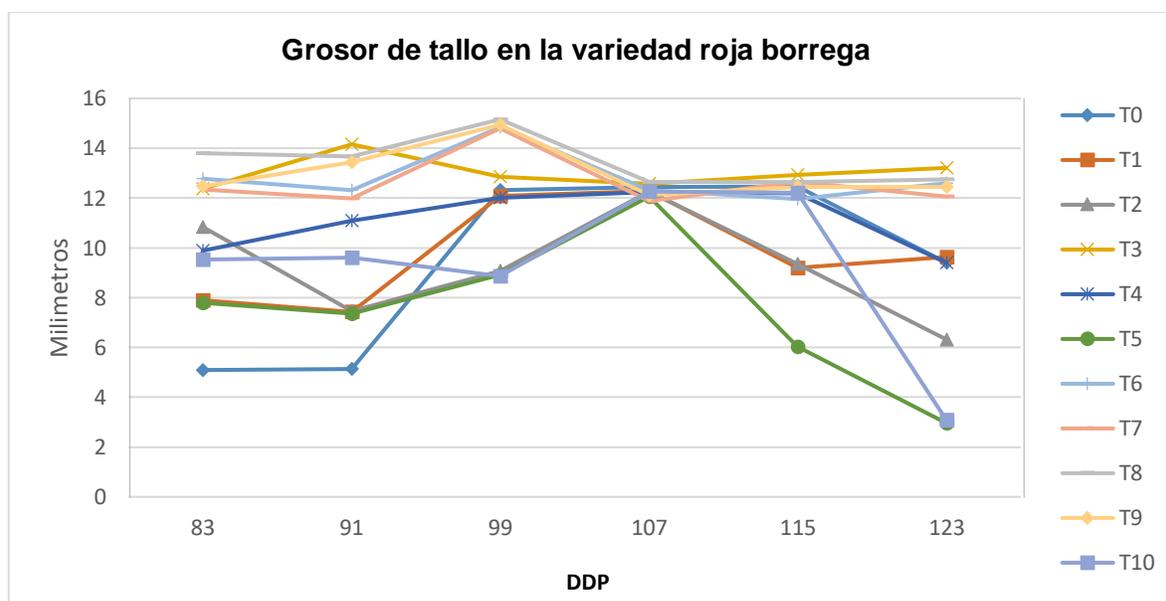


Figura 17. Grosor de tallo (mm) en la variedad roja borrega a través del tiempo.

El promedio general de grosor de tallo en la variedad blanca borrega presentó un crecimiento constante en cada tratamiento, evidenciando mayor grosor en T3 (30Gy) al compararlo con los demás tratamientos, incluido el testigo sin irradiar. El

tratamiento T10 (100Gy) presentó el menor grosor hasta los 115 DDS, pero al final presentó un valor que superó al testigo y a otros tratamientos (Fig. 18).

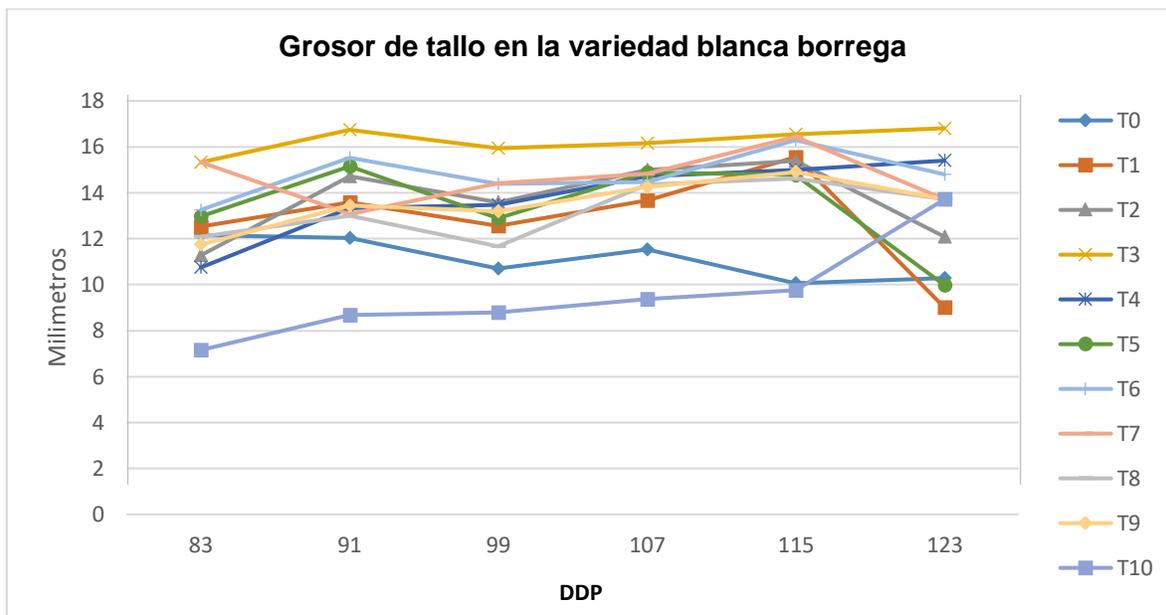


Figura 18. Grosor de tallo (mm) en la variedad roja borrega a través del tiempo.

6.9.1 Grosor de tallo expresado en variedad roja borrega.

En la variedad roja borrega el análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas en las fechas a los 83 y 91 DDS (Cuadro 26), pero a partir de los 99 y hasta el final del ensayo no se presentaron diferencias significativas. Se observó que el mayor grosor se presentó a los 99 DDS aunque no se presentaron diferencias significativas entre las dosis de irradiación para esta fecha.

Cuadro 26. Análisis de varianza para la variable grosor de tallos (mm) de la variedad roja borrega.

F.V.	Grosor de tallo (mm)					
	Días después de la plantacion (DDP)					
	83	91	99	107	115	123
Dosis	2.61**	2.78**	0.87 n.s	0.01 n.s	0.42 n.s	1.22 n.s
Error	41.20	41.43	35.79	47.37	54.39	58.51
Media	10.43	10.33	12.34	12.28	11.25	9.45
C.V.(%)	61.52	62.31	48.44	56.05	65.53	80.89

- **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$)
- *Diferencias Significativa ($P \leq 0.05$)
- n.s Diferencias no significativa

La separación de medias indicó que el mayor grosor de tallos se presentó en T8 (80 Gy) seguido de T3 (30 Gy). Nuevamente estos dos tratamientos presentaron los mayores valores respecto al testigo (Cuadro 27), siendo consistentes con los resultados obtenidos en la variable verdor, en ambas dosis, y con T3 en altura de planta.

Cuadro 27. Separación de medias para la variable grosor de tallo expresado por efecto de diversas dosis de irradiación en la variedad roja borrega.

Tratamientos (Dosis de irradiación)	Grosor de tallo (mm)					
	Días después de la plantacion (DDP)					
	83	91	99	107	115	123
T0	5.09 b ¹	5.12 b	12.32 a	12.44 a	12.46 a	9.40 a
T1	7.89 ab	7.42 ab	12.08 a	12.28 a	9.20 a	9.64 a
T2	10.83 ab	7.46 ab	9.06 a	12.26 a	9.34 a	6.32 a
T3	12.37 ab	14.15 a	12.86 a	12.56 a	12.92 a	13.20 a
T4	9.90 ab	11.09 ab	12.00 a	12.24 a	12.18 a	9.40 a
T5	7.79 ab	7.35 ab	8.92 a	12.06 a	6.04 a	2.96 a
T6	12.76 a	12.32 ab	14.84 a	12.32 a	11.96 a	12.60 a
T7	12.34 ab	11.97 ab	14.80 a	11.88 a	12.64 a	12.06 a
T8	13.80 a	13.65 ab	15.16 a	12.66 a	12.64 a	12.74 a
T9	12.46 ab	13.45 ab	14. 94 a	12.12 a	12.44 a	12.44 a
T10	9.53 ab	9.61 ab	8.86 a	12.26 a	12.22 a	3.08 a

¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en terminos estadísticos (Tukey $\alpha = 0.05$).

6.9.2 Grosor de tallo expresado en la variedad blanca borrega por fecha de muestreo.

El análisis de varianza para la variedad blanca borrega indicó que en las fechas 83, 91 y 115 DDP se presentaron diferencias significativas, y en las fechas restantes se careció de diferencias significativas. El mayor grosor se presentó a los 115 DDP, seguido del muestreo realizado a los 107 DDP (Cuadro 28).

Cuadro 28. Resultados del análisis de varianza para la variable grosor de tallos (mm) de la variedad blanca borrega.

F.V.	Grosor de tallo (mm)					
	Días después de la plantacion (DDP)					
	83	91	99	107	115	123
Dosis	2.03*	2.13*	1.29 n.s	1.14 n.s	2.13*	1.79 n.s
Error	34.52	25.08	35.38	31.22	26.24	55.82
Media	12.23	13.56	12.87	13.93	14.48	12.24
C.V.(%)	48.02	36.91	46.20	40.10	35.37	61.03

- **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$)
- *Diferencias Significativa ($P \leq 0.05$)
- n.s Diferencias no significativa

La separación de medias indicó que T3 (30Gy) nuevamente presentó los resultados más elevados para grosor de tallo, similar a lo determinado en los valores de verdor (Cuadro 25), siendo este tratamiento el que indujo mayor desarrollo de los tallos, seguido de la dosis de T4 (40Gy).

Cuadro 29. Separación de medias realizada para la variable grosor de tallo (mm) en las diferentes fechas de muestreo realizados a plantas de la variedad blanca borrega tratadas con diferentes dosis de radiación.

Tratamientos (Dosis de irradiación)	Grosor de tallo (mm)					
	Días Después de la plantacion (DDP)					
	83	91	99	107	115	123
T0	12.15 ab ¹	12.02 ab	10.70 a	11.53 a	10.06 a	10.30 a
T1	12.54 ab	13.57 ab	12.55 a	13.67 a	15.55 a	9.01 a
T2	11.27 ab	14.70 ab	13.58 a	14.99 a	15.39 a	12.10 a
T3	15.32 a	16.73 a	15.95 a	16.16 a	16.54 a	16.81 a
T4	10.75 ab	13.33 ab	13.47 a	14.73 a	14.99 a	15.40 a
T5	12.96 ab	15.15 ab	12.89 a	14.89 a	14.77 a	9.98 a
T6	13.25 ab	15.53 a	14.37 a	14.48 a	16.29 a	14.79 a
T7	15.32 a	13.07 ab	14.40 a	14.83 a	16.44 a	13.72 a
T8	12.08 ab	13.00 ab	11.66 a	14.37 a	14.62 a	13.71 a
T9	11.74 ab	13.44 ab	13.20 a	14.24 a	14.90 a	12.81 a
T10	7.15 b	8.67 b	8.78 a	9.38 a	9.75 a	6.02 a

¹⁾ Valores de las medias en la columna con la misma letra indican igualdad en terminos estadísticos (Tukey $\alpha = 0.05$).

De acuerdo a los resultados obtenidos para grosor de tallo, se observó que existen similitudes en la respuesta de la planta a ciertas dosis de irradiación, de tal forma que en la variedad roja (Cuadro 27) el tratamiento T8 (80Gy) fue en donde se expresó un mayor grosor, seguido nuevamente de la dosis T3 (30Gy), este efecto similar se presentó en la variable verdor. Así mismo, el tratamiento de irradiación T3 (30Gy) para la variedad blanca, generó los tallos con mayor grosor (Cuadro 29) efecto similar se estimuló con la variable verdor; es muy notable que la irradiación en estas dosis (tratamientos) generó un estímulo favorable en las plantas de

gladiola, superando los resultados obtenidos en los testigos de ambas variedades. Es pertinente resaltar que la variedad blanca presentó mayor grosor de tallo con respecto a la variedad roja.

6.10 Reducción de crecimiento

El parametro en el cual se favorece la aparición de mutaciones útiles en los programas de mejoramiento genético es la dosis letal (DL_{50}) o dosis reductiva media (GR_{50}), que es la cantidad de radiación absorbida con la cual sobrevive 50% de la población expuesta o se reduce el crecimiento en 50%. Es importante conocer este rango (Estepino *et al.* 2013) antes de iniciar un programa de mejoramiento genético asistido por mutagénesis.

Para determinar la reducción de crecimiento, se consideró una reducción del 30 y 50 % en la variable altura de planta, considerando como referencia el crecimiento del testigo a los 75 días posteriores a la emergencia (fecha de mayor crecimiento expresado en el testigo) . Se determinó que en la variedad roja borrega las dosis que indujeron una reducción de crecimiento en 30% (menor a 49.66 cm) y en la blanca borrega (menor a 42.94 cm) fueron las de 80 a 100 Gy. En estas tres dosis de irradiación no se obtuvieron plantas con un crecimiento aceptable y por tanto difícil de utilizar en evaluaciones posteriores. Es preciso indicar que estas tres dosis no resultan adecuadas para estimular el crecimiento y desarrollo de la altura de planta en las dos variedades de gladiolo.

Referente a la reducción del 50% en el crecimiento de la planta, se determinó que únicamente la dosis de 100 Gy es la que no se debe de utilizar para estimular el crecimiento, pero se observó que las dosis de 80 y 90 Gy también generan plantas indeseables y sin órganos de multiplicación, por lo que es poco viable su uso. Con base en lo anterior, para el caso de gladiolo variedad blanca y roja borrega, el parámetro a utilizar como referencia para determinar las dosis óptimas de irradiación son aquellas que se encuentran dentro de la reducción del crecimiento en un 30%.

6.10.1 Reduccion en altura de planta.

Para el análisis de reducción de crecimiento en altura, expresada en la variedad roja borrega de gladiola, el tratamiento 3 (30Gy) presentó la mejor altura con respecto a los demás tratamientos con un valor de 71.01 cm, seguido de T6 (60Gy) y T4 (40Gy) (Figura 19).

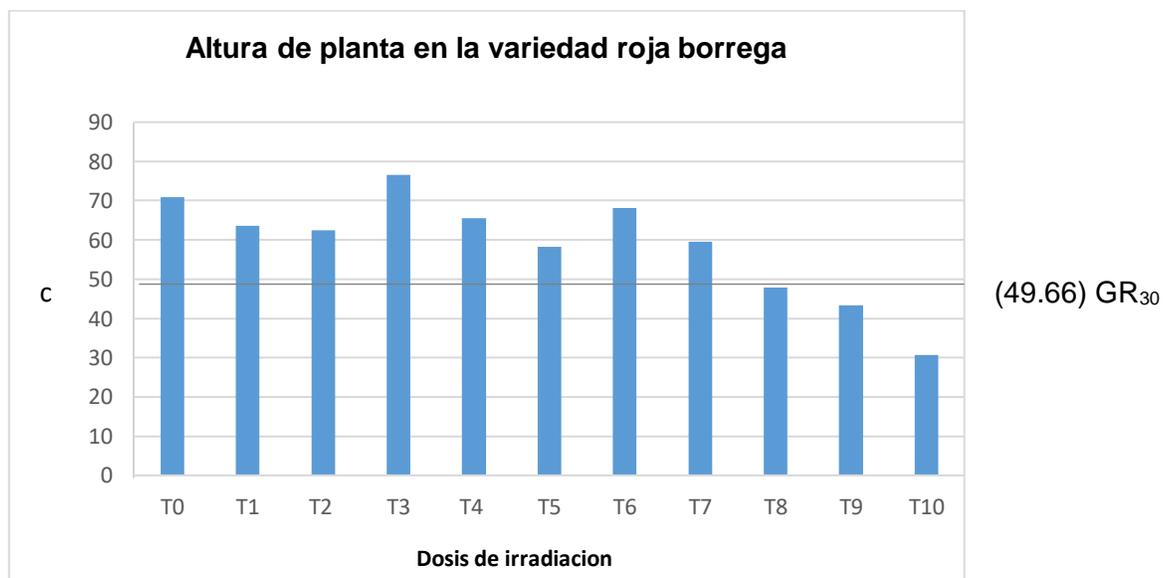


Figura 19. Efecto de radiación gamma de Co^{60} en la reducción del valor de altura de planta en gladiola variedad roja borrega.

En la variedad blanca, se observó efecto similar al observado en la variedad roja, el tratamiento T3 (30Gy) presentó un valor máximo de 66.55, por arriba de los demás tratamientos; en esta variedad los tratamientos T2 (20Gy) y T6 (60Gy) fueron los que expresaron una mayor altura de planta respecto al testigo.

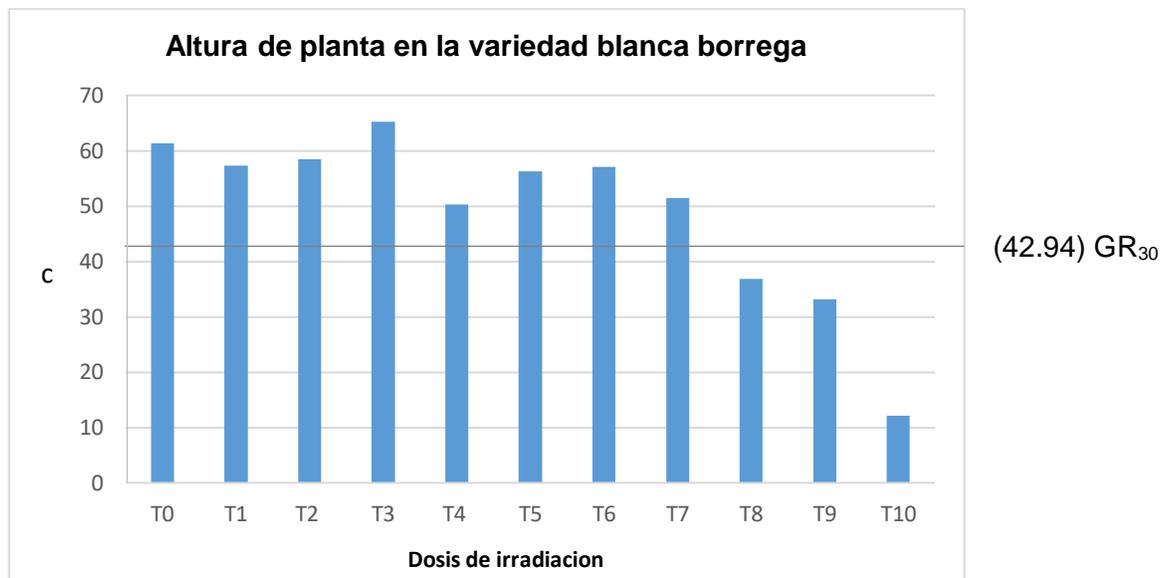


Figura 20. Efecto de radiación gamma de Co⁶⁰ en la reducción de altura de planta en gladiola variedad borrega.

6.10.2 Reduccion en verdor

Referente a la reducción de verdor en 30% (menor a 26.79) por efecto de la irradiación en la variedad roja borrega, se evidenció en las dosis T2 (20Gy), T5 (50Gy) y T10 (100Gy), presentaron valores menores al expresado en el testigo (Figura 21), por lo que dichas dosis no son óptimas a utilizar en estudios posteriores (Ej. Obtención y/o evaluación de clorofila) .

En la variedad blanca borrega la reducción de verdor al 30% (menor a 42.29) no fue afectado con las dosis utilizadas, por lo este parámetro es de poco valor para discriminar el efecto de irradiar en esta variedad (Figura 22). En ambas variedades

la reducción del verdor al 50% no refleja un efecto evidente, por lo que se sugiere emplear la referencia de reducción del verdor al 30% para diferenciar algún efecto de la dosis.

En el valor de verdor en las hojas de la variedad roja borrega (Fig. 21), de acuerdo al análisis de reducción, el tratamiento 3 (30 Gy) presentó el mayor valor de verdor, seguido de T7 (70Gy) y T8 (80Gy), el tratamiento que presentó el menor valor fue T10 (100Gy).

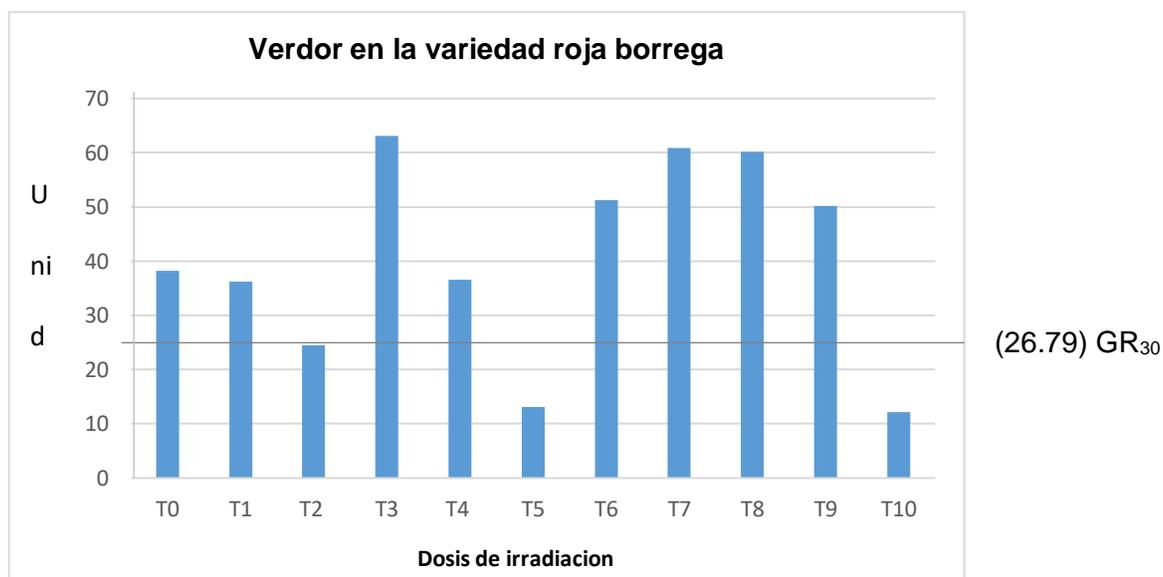


Figura 21. Efecto de radiación gamma de Co^{60} en la reducción del verdor en galiola variedad roja borrega.

En la variedad blanca borrega el análisis arrojó que las diferencias entre tratamientos fueron mínimas pero sí adecuadas para poder diferenciar cuál fue la adecuada para estimular el valor de verdor; T3 (30Gy) presentó el mayor valor de verdor seguido de T4 (40Gy) y T5 (50Gy) con una mínima diferencia de valores numéricos (Fig. 22)

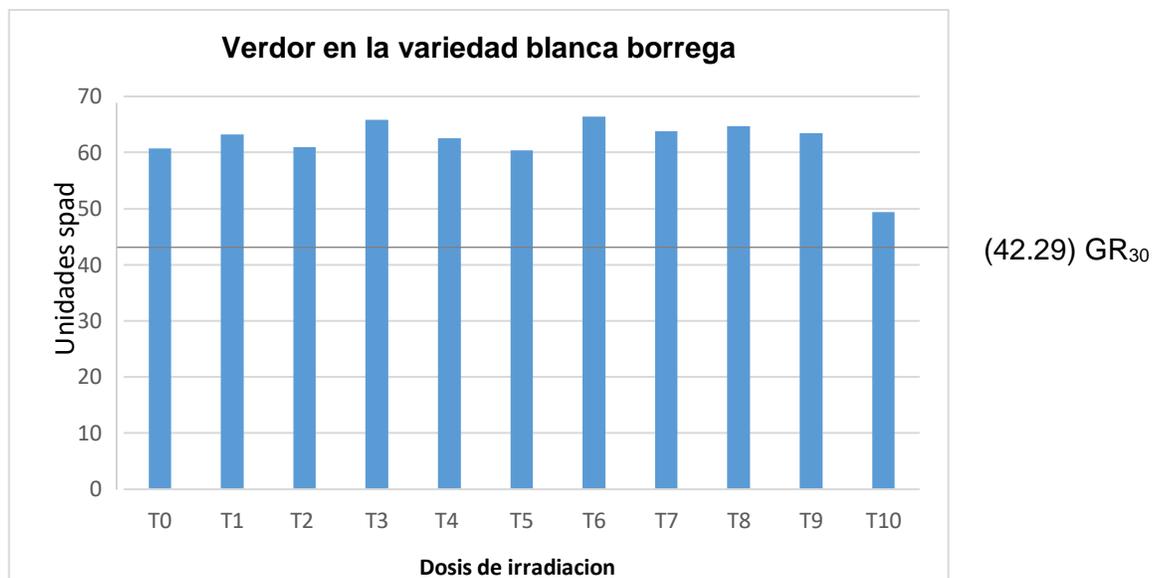


Figura 22. Efecto de radiacion gamma de Co^{60} en la reducci3n del verdor en gladiola variedad blanca borrega.

6.10.3 Reducci3n en grosor de tallo.

En el valor de grosor, de acuerdo al an3lisis de reducci3n en un 30% para ambas variedades, para roja borrega fue menor a 8.71 (Figura 23) y de 8.08 en la variedad blanca borrega (Figura 24), no fue evidente que alguna dosis de irradiaci3n utilizada presentara valores por debajo del testigo, por lo que el est3mulo en el grosor de la planta por la irradiaci3n no fue afectado, lo que resulta de poca referencia para ser utilizada en estudios posteriores (Ej. Di3metro 3ptimo para exportaci3n o absorci3n de nutrientes en vida poscosecha).

Es evidente que la irradiaci3n estimul3 el grosor de tallo en todas las dosis utilizadas por lo que no fue posible utilizar esta variable en una reducci3n del 30 o 50% como se ha sugerido en otros estudios.

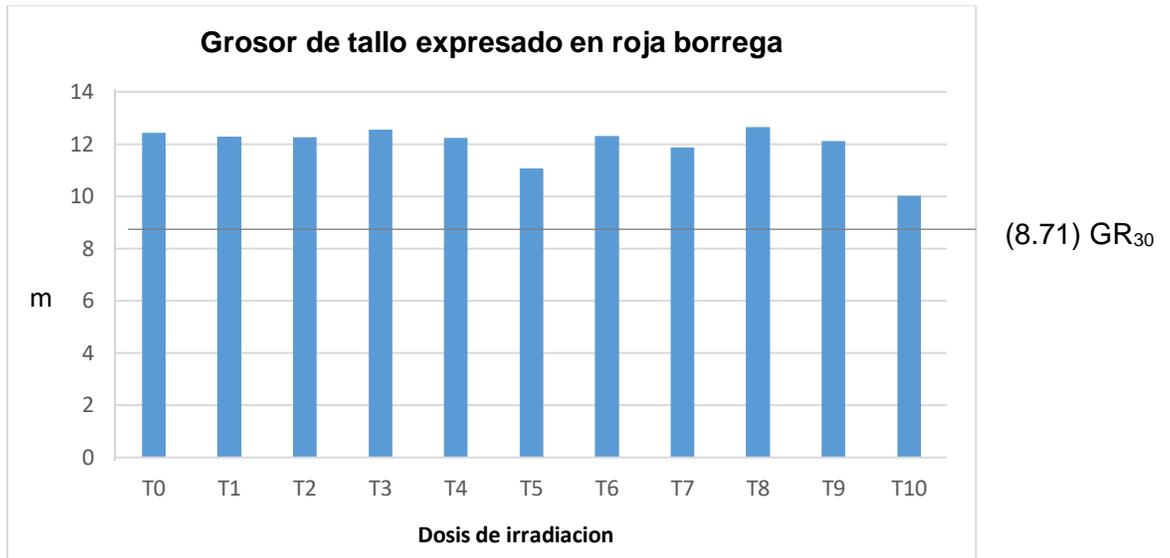


Figura 23. Efecto de radiación gamma de Co⁶⁰ en la reducción del grosor de tallo en gladiola variedad roja borrega.

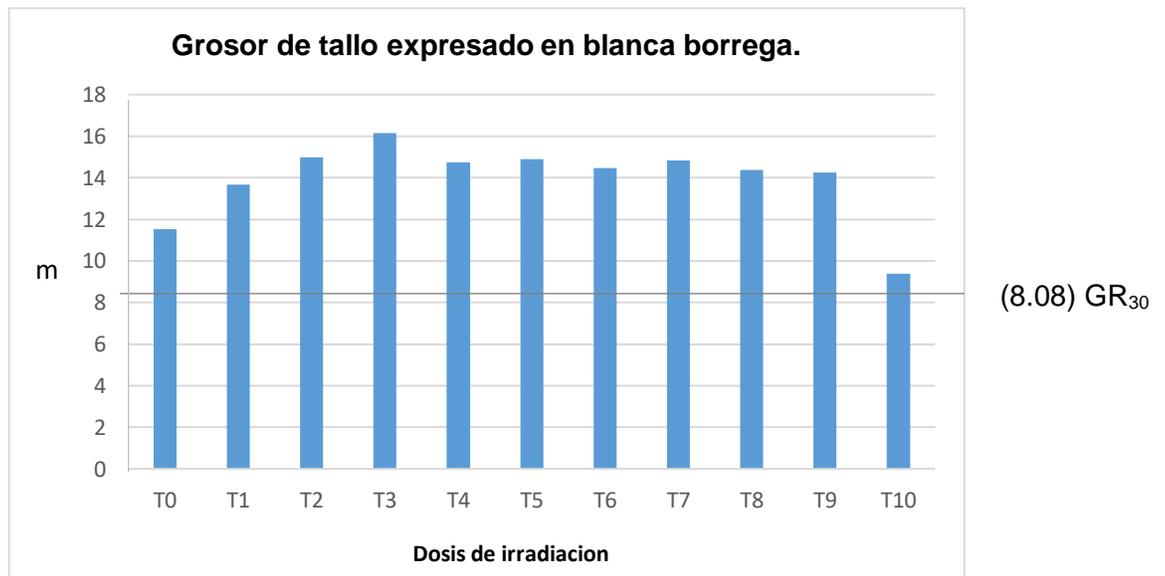


Figura 24. Efecto de radiación gamma de Co⁶⁰ en la reducción del grosor de tallo en gladiola blanca borrega.

Con los análisis de reducción en crecimiento (altura de planta) y verdor aplicados a los resultados de la investigación se encontró que, en las dos variedades de gladiola, las dosis óptimas de irradiación a utilizar son las comprendidas entre las dosis de 20 a 70 Gy.

A partir de lo observado en altura y grosor de tallo, en la variedad blanca borrega, es posible enfatizar que la irradiación estimuló éstas dos características fenotípicas, comparado con lo determinado en la variedad roja.

6.11 Marchitez de planta

La presencia de la enfermedad se expresó a partir de los 59 DDS en las dos variedades, aunque en la variedad roja borrega fue donde se encontraron los mayores niveles de la enfermedad. En las figuras 25 y 26 se muestra el porcentaje de incidencia de marchitez (*Fusarium* spp. y *Stromatinia* spp.) que afectó a los tratamientos de las dos variedades irradiadas, pero algunas de ellas expresaron menor daño por la enfermedad. En este sentido Kozjak y Meglič (2012) mencionan que con el mejoramiento genético por radiación se han mejorado los rasgos de rendimiento, calidad, sabor, tolerancia a enfermedades y resistencia a plagas.

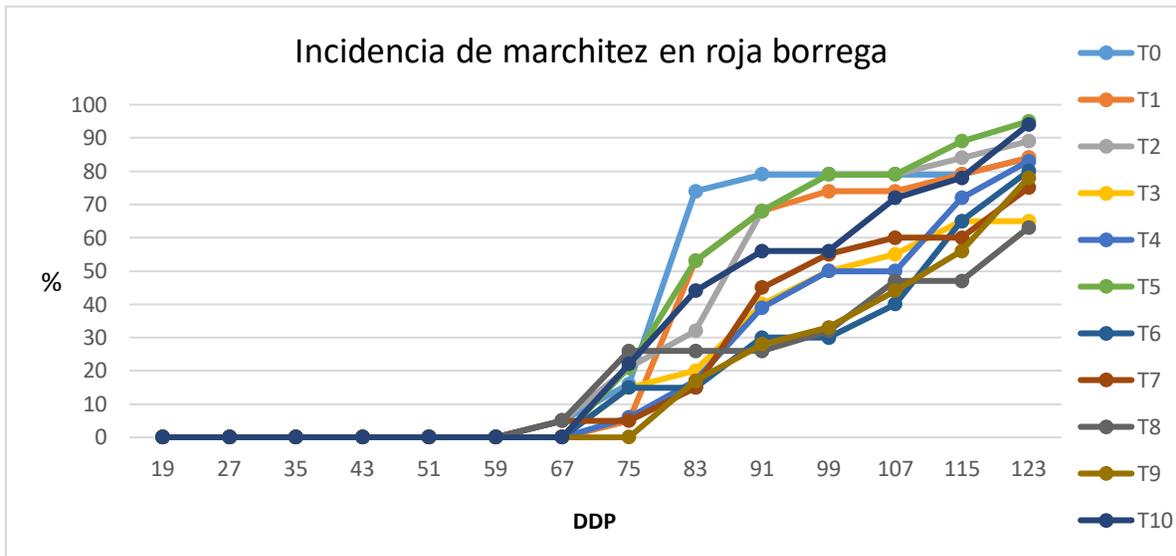


Figura 25. Incidencia de secamiento (*Fusarium spp.* y *Stromatinia spp.*) en la variedad roja borrega a través del tiempo.

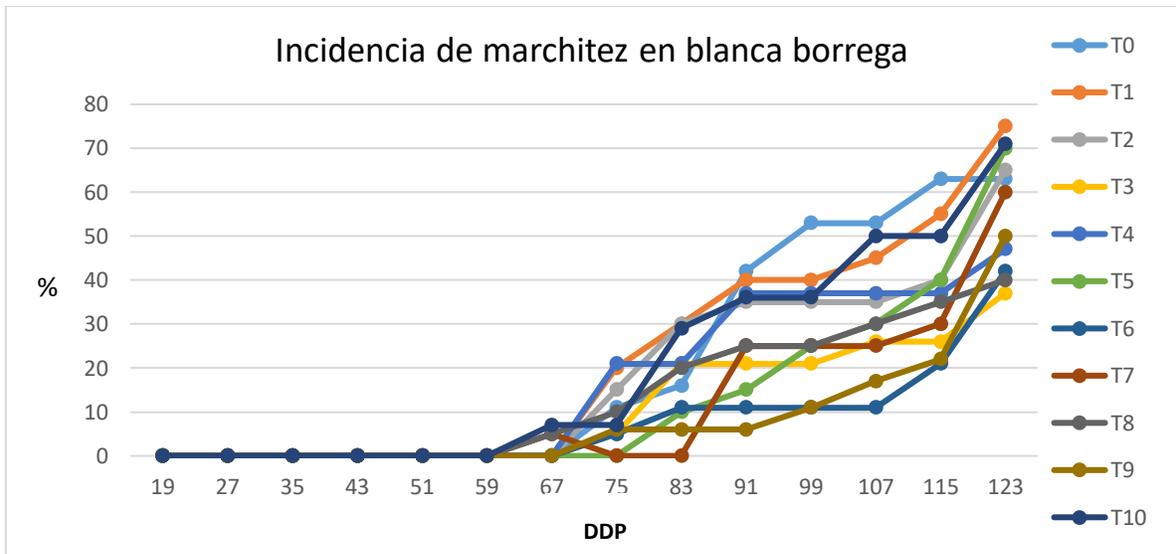


Figura 26. Incidencia de secamiento (*Fusarium spp.* y *Stromatinia spp.*) en la variedad blanca borrega a través del tiempo.

En el trabajo realizado, se observó que en las dos variedades, los tratamientos (T8, T3 y T7 para la variedad roja y T3, T8 y T6 (30, 80 y 60Gy) para la variedad blanca), presentaron menor incidencia de la enfermedad comparados con los testigos de ambas variedades.



Figura 27. Síntomas (Marchites y secamiento de hojas y tallos)

por *Fusarium spp.*



Figura 28. Síntomas (Desprendimiento de tallos por pudrición)
por *Stromatinia spp.*

6.12 Formación de espiga y floración

Las condiciones del lugar donde se estableció el experimento no fueron adecuadas para evaluar la expresión de la floración por efecto de la irradiación

debido a que no se origino la formación de espiga y emisión de flor en todos los tratamientos, aunque fueron adecuados para el desarrollo vegetativo de las plantas.



Figura 29. Formación de espiga.



Figura 30. Apertura floral.

Debido a lo anterior, sólo en T3 y T7 de la variedad blanca se obtuvieron la formación de espiga y floración en tres plantas. En T3 se obtuvo la floración en las repeticiones 6 y 15, destacando que en la repetición 15 se obtuvieron 10 flores, de las cuales algunos pétalos presentaron un tinte rojizo muy ligero de percibir (Figura 31), mientras que T7 obtuvo una sola espiga que floreció, produciendo 12 flores (Figura 30).



Figura 31. Presencia de quimeras en pétalos.

6.13 Cosecha

Al finalizar la evaluación del desarrollo y crecimiento de la planta de gladiolo, se llevó a cabo el proceso de cosecha y recolección de cormos y cormillos. De acuerdo a los efectos que se presentaron en el ensayo, la formación de cormillos quedó inhibida, por lo cual no se generaron cormillos para evaluar una segunda generación. Se recolectaron 130 cormos de las plantas que presentaron una mejor

expresión durante y hasta finalizar en trabajo, 40 procedentes de la variedad roja y 90 de la variedad blanca.



Figura 32. Recolección de cormos.



Figura 33. Cosecha

VIII. Discusión

De acuerdo con los análisis realizados en las dos variedades de gladiola, las variables evaluadas presentan un estímulo diferente respecto a las dosis aplicadas. En la variedad roja borrega, para la variable altura de planta, se propició un efecto radioinhibidor en la mayoría de los tratamientos, donde la altura fue menor con respecto al testigo. El porcentaje de altura promedio general de tratamientos fue de 45.62cm, mientras que la altura promedio del testigo fue de 46.72 cm. También se determinó que la altura de planta disminuyó conforme aumentaron las dosis de radiación, sin embargo, la dosis de 30Gy fue la que indujo la mayor altura de planta.

Resultados similares fueron observados en plantas de comino negro irradiada (*Nigella sativa* L), determinando que la altura de las plantas derivadas de semillas disminuyó de 54.86 a 36.84 cm, con el incremento de la radiación gamma de 0 a 300 Gy en intervalos de 50 Gy (Kumar y Gupta, 2007). Lo mismo se observó en plántulas de oyamel (*Abies religiosa*), generadas a partir de semillas expuestas a dosis de radiación gamma de 0 a 20 Gy con intervalos de 5 Gy entre tratamientos, en donde la altura de las plántulas y número de hojas primarias (Iglesias-Andreu *et al.*, 2010) fueron menores al testigo. Shangwen y Xian (2007) reportan morfotipos de gladiolo obtenidos de 6 dosis de radiación a cormos de gladiolo, dichos morfotipos se incrementaron al aumentar la dosis de irradiación, pero a dosis bajas se promovió la germinación y altura de planta; e indican que la dosis óptima para irradiar cormos fue de 75Gy.

En el caso de la variedad blanca borrega los resultados fueron distintos. Existió una diferencia en el estímulo de la altura de planta inducido por la irradiación, el promedio general de los tratamientos irradiados fue de 39.49 cm, mientras que el testigo presentó un promedio de 39.09 cm. La dosis de irradiación a 30 Gy estimuló una mayor altura de planta, superiores al testigo, esta dosis está dentro del rango reportado en otras especies vegetales tal como lo refieren Ramírez *et al.* (2006), quienes indican que en jitomate la dosis que estimuló una altura superior al testigo fue de 5 a 75 Gy.

Considerando la reducción del crecimiento en los dos genotipos evaluados, se puede sugerir que la dosis en donde se esperarían cambios en el genoma, y por lo tanto, cambios fenotípicos, serían las dosis de 60-70 Gy, consideradas altas y en las cuales se pueden obtener plantas con crecimiento deseable, así como cambios genéticos (Songsri *et al.*, 2011; Thole *et al.*, 2011)

Para el valor verdor, de acuerdo a los análisis realizados en ambas variedades irradiadas, se presentaron distintos niveles. En la variedad roja borrega el verdor fue menor con respecto a la variedad blanca, pero a su vez, el promedio general de los tratamientos de las dos variedades fueron mayores al promedio final de los testigos. De forma similar a las observaciones realizadas en este estudio, con otras plantas expuestas a radiación gamma, no se presentan deformaciones como hojas pálidas u hojas de color verde amarillento similares a las plantas silvestres (Matsukura *et al.*, 2007), tal como lo han sugerido Castillo-Martínez *et al.* (2012) a partir de su estudio con crisantemo y en donde destacan que en algunas hojas de una variedad evaluada se presentaron mutantes moteados al final del

experimento. Así, los resultados obtenidos indican que el verdor en el testigo fue menor en comparación con el verdor inducido por la irradiación en las dos variedades y no provocó efectos secundarios en la forma y color de las hojas de gladiola. Dentro de las dosis evaluadas en los diferentes tratamientos, se obtuvo que 80 Gy fue el que presentó mejor verdor en la variedad roja y 30 Gy para la variedad blanca.

Dentro de los resultados obtenidos para las distintas variables evaluadas, se encontró que los tratamientos irradiados a diferentes niveles fueron superiores al testigo sin irradiar. T3 (30 Gy) fue el que mejor adaptación obtuvo al ser irradiado con Co^{60} en las dos variedades evaluadas y presentó resultados mayores a los demás tratamientos. Por ejemplo, en el caso de la floración, en la variedad blanca los pétalos de una flor de gladiola presentaron quimeras al teñir de un color rojizo los pétalos blancos debido a la estimulación provocada por la irradiación. Sisodia y Singh (1998) reportan haber encontrado variación morfológica en plantas generadas a partir de cormos irradiados con diferentes dosis (35, 45 y 55 Gy), en las variedades de gladiolo Aldebaran, Jyotsana, Legend, Praha, Punjab Dawn, Pusa Kiran y Tiger Flame cultivadas en India, así como en la cantidad de clorofila determinada en cada una con respecto al testigo. Una situación similar se presentó en la floración de la variedad blanca y el verdor expresado en hojas de la variedad roja borrega, que son cambios morfológicos provocados por la irradiación con Co^{60} en las plantas evaluadas de este trabajo. La principal ventaja de la inducción de mutaciones en cultivos de propagación vegetativa es la capacidad de cambiar uno o unos pocos caracteres de cultivares por lo demás sobresalientes

(Broertjes y Van Harten, 1988). En este sentido, Kozjak and Meglič (2012) mencionan que, el mejoramiento genético por irradiación ha contribuido substancialmente a la economía mundial y a la conservación de la biodiversidad al detener la erosión génica. Respecto al manejo de cultivos, dicho mejoramiento se relaciona con el manejo de plagas y enfermedades que es uno de los principales objetivos en el mejoramiento agrícola.

Por presencia de *Fusarium spp.* y *Stromatinia spp.* el numero de cormos y de plantas sobrevivientes fue disminuida, en la cosecha la recolección de cormos fue de 130 obtenidos de plantas que presentaron una mejor expresión durante y hasta finalizar en trabajo; 40 procedentes de la variedad roja y 90 de la variedad blanca, en la variedad blanca se presento menor afectación ante estos problemas fitosanitarios. Es pertinente mencionar, que en posteriores evaluaciones, bajo condiciones especificas, se determinara la respuesta de cada genotipo a *Fusarium spp.*

IX. Conclusiones

En las dosis evaluadas de irradiación se encontró que la dosis a 30Gy fue la que estimuló las características vegetativas en las dos variedades. En la variedad roja, se presentó mayor altura respecto a la variedad blanca, aunque fue la que mayor grosor de tallo expresó.

La dosis óptima de irradiación se determinó entre 30 y 70 Gy considerando una reducción del 30% del crecimiento vegetativo con respecto al testigo.

Las dosis de 80, 90 y 100 Gy afectaron la brotación y todo el crecimiento de la planta en las dos variedades irradiadas.

La variedad blanca estimuló la floración solo en un rango de tratamientos que va del tratamiento T3 (30 Gy) al tratamiento T7 (70 Gy). En el tratamiento T3 se observó quimeras de un tinte rojizo, muy ligero de percibir, en los pétalos de 10 flores obtenidas.

En la cosecha se recolectaron 130 cormos de las dos variedades, debido a las dosis de irradiación aplicadas se inhibió la producción de cormillos y por ende no hubo recolección de los mismos.

XI. Bibliografía

- Akgün, I; Tosun, M. 2004 Agricultural and cytological characteristics of M1 perennial rye (*Secale montanum* Guss.) as affected by the application of different doses of gamma rays. Pakistan Journal of Biological Sciences 7: 827-833.
- Alvarez-Holguin, 2017. Dosis letal media y reducción media del crecimiento por radiación gamma en pasto africano (*Eragrostis lehmanniana*), Universidad Autonoma de Chihuahua, Chihuahua, Mexico. 88 p.
- Ángeles-Espino, A.; Virgen-Calleros, G.; Valencia-Botín, J.; Ramírez-Serrano, C.; Paredes-Gutiérrez, L.; Hurtado-De la Peña, S. 2016. Evaluación no destructiva de la patogenicidad de *Cercospora agavicola* en vitroplántulas de agave azul tequilero irradiadas con rayos gamma Co^{60} Acta Universitaria 26 (6): 3-10.
- Broertjes, C., Van Harten, A.M. 1988 Applied mutation breeding for vegetatively propagated crops. Elsevier, Amsterdam.
- Castillo, J.; Estévez, A.; González, M. E.; Castillo, E.; Romero, M. 1997. Radiosensibilidad de dos variedades de papa a los rayos gamma de ^{60}Co . Cultivos Tropicales 18(1): 62–65.
- Castillo-Martínez, C. R.; Inducción de mutaciones de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*) usando radiación gamma y etil metano sulfatano. INIFAP. p 5.
- De La Cruz, T.E., Rubí, A.M y Falcón, B.T 1994. Evaluación del desarrollo de plantas de aguacate cv Hass sometidas a radiación gamma de ^{60}Co . En: Memoria de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX, S.C.

pp. 101- 112.

De la Fe, C.; Romero, M.; Castillo, E. 1996. Radiosensibilidad de semillas de papa a los rayos gamma ^{60}Co . *Cultivos Tropicales* 17(3): 77–80.

Estrada-Basaldúa, J.A, Pedraza-Santos, M.E. 2011. Efecto de rayos gamma ^{60}Co en nardo (*Poliantes tuberosa* L.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Estado de México, México.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación de la Agricultura). 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/home/es/> . Fecha de consulta 22 de Enero de 2018.

González Cepero, M.C.; Trujillo G.D, Terán V.Z, Altané V.S. 2011. Ana Delia, mutante de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* sp.) obtenido en cuba mediante el empleo de inducción de mutaciones con rayos gamma de ^{60}Co . *Cultivos Tropicales*, 32 (4): 27

Guaren, Z. 1982. Mutation breeding in the People's Republic of China. *Mutation Breeding Newsletter*. 19:1-2.

Gutierrez, R. M. 2014. Producción de gladiolo (*Gladiolus grandiflorus* Hort.) en el sur del Estado de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario Tenancingo, Tenancingo Edo. de México. 111 p.

IAEA (Organismo Internacional de Energia Atómica) 2018 en: <https://www.iaea.org/topics/mutation-induction>. Fecha de consulta 22 de Enero de 2018. pag 4.

IARI (Indian Agricultural Research Institute) 1987. Mutant variety of papaya developed at the Mutation Breeding Newsletter. 30:2-3.

- Iglesias-Andreu, L. G., Sánchez-Velásquez, L. R., Tivo- Fernández, Y., Luna-Rodríguez, M., Flores- Estévez, N., Noa-Carranzana, J. C., Ruiz-Bello, C. and Moreno-Martínez, J. L. 2010. Efecto de radiaciones gamma en *Abies religiosa* (Kunth) Schltd. et. Cham. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 16(1):5-12.
- Khalil, S.A, Zamir, R. and Ahmad, N. 2014 Effect of different propagation techniques and gamma irradiation on major steviol glycoside`s content in *Stevia rebaudiana*. Journal of Animal and Plant Sciences 24, 1743-1751.
- Karki, K. and Srivastava, R. 2010. Effect of gamma irradiation in gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.). Department of Horticulture, College of Agriculture, G. B. Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar- 263 145 (U. S. Nagar, Uttarakhand). p 55-63.
- Kozjak, P. and Meglič, V. 2012. Mutagenesis in Plant Breeding for Disease and Pest Resistance. In: Mutagénesis (Rajnikant Mishra, Ed). Slovenia. Pp. 195-220. IntechOpen, DOI: 10.5772/50332. Available from: <https://www.intechopen.com/books/mutagenesis/mutagenesis-in-plant-breeding-for-disease-and-pest-resistance>.
- Kuldeep, S., Kaushik R.A., Khan R., and Sarolia, D., 2017. Effect of gamma rays on corms of gladiolus (*Gladiolus hybrida* L.). Rajasthan, India. 256-260.
- Kumar, G. and Gupta, P. 2007. Mutagenic efficiency of lower doses of gamma rays in black cumin (*Nigella sativa* L.). Cytologia. 72(4):435-440

- Lapins, K.O. 1974. Compact Stella sweet cherry introduced. Mutation Breeding Newsletter. 3:14.
- Lemus Y., Méndez–Natera, J., Cedeño, J., Otahola–Gómez, V. 2002. Radiosensibilidad de dos genotipos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) a radiaciones gamma. Revista UDO Agrícola 2: 22–28.
- Luckey, T. D. 1980. Hormesis with ionizing radiations. CRC Press. Boca Raton. 222 p.
- Maluszynski, M.; Ahloowalia, B. S. and Sigurbjörnsson, B. 1995. Application of *in vivo* and *in vitro* mutation techniques for crop improvement. Euphytica. 85:303-315.
- Matsukura, C.; Yamaguchi, I.; Inamura, M.; Ban, Y.; Kobayashi, Y.; Yin, Y.; Saito, T.; Kuwata, C.; Imanishi, S. and Nishimura, S. 2007. Generation of gamma irradiation-induced mutant lines of the miniature tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar 'Micro-Tom'. Plant Biotechnol. 24:39-44.
- NCBI (National Center for Biotechnology Information) 2018. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. Fecha de consulta: el 09 de febrero de 2018.
- Peiying, H., Zhifang, X., Zhaoheng, H., Bingquan, C. and Ganbo, Z. 1986. Mutation breeding of chest nut. Mutation Breeding Newsletter. 27:13-14.
- Porosova, O. A. 1983. Radiosensitivity of pine (*Pinus sylvestris*) seeds as dependent on their moisture content storage time after irradiation. Ekologiya 3: 82-84.
- Ramirez, C. S. 2016. Evaluacion de la aplicación de humus de lombriz en el cultivo

de gladiolo (*Gladiolus sp.*) en la comunidad chacoma municipio de Patacamaya de la provincia Aroma La Paz. Tesina de grado, La Paz, Bolivia. 39 p.

Ramírez, R., González, L. M., Camejo, Y., Zaldivar, N., Fernández, Y. 2006.

Estudio de radiosensibilidad y selección del rango de dosis estimulantes de rayos X en cuatro variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Cultivos Tropicales 27(1): 63–67.

Reid, M. S. 2004. Produce Facts Gladiolus. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Postharvest Technology Research & Information Center. 103-105

Rudolph, T. D. 1979. Effects of gamma irradiation of *Pinus banksiana* Lamb. seed as expressed by M1 trees over 10-year period. Env. Exp. Bot. 19: 85-92.

Shangwen, H., Xian, Z., 2007. Effects Of $\sim(60)$ Co- γ Irradiation On Main Quality Indices and Biological Characters Of *Gladiolus hybridus* Hort. Chinese Agricultural Science Bulletin resumen.

SIAP. 2018. Anuario del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, ciclos 2012. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola>. Fecha de consulta: 20 de enero de 2018. Pag. 7.

Sisodia, A. and Singh, A.K . 2014. Influence Gamma Irradiation on Morphological Changes, Post Harvest Life and Mutagenesis in *Gladiolus*. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology 7(3): 535-545.

- Sokolov, M. V.; Isayenkov, S. V. and Sorochynskyi, B. V. 1998. Low-dose irradiation can modify viability characteristics of common pine (*Pinus sylvestris*) seeds. *Tsitologiyai Genetica* 32: 65-71.
- Songsri, P., Suriharn, B., Sanitchon, J., Srisawangwong, S. and Kesmala T. 2011. Effect of gamma radiation on germination and growth characteristics of physic nut (*Jatropha curcas* L.) *Journal of Biological Sciences* 11: 268-274.
- Thole, V., Peraldi, A., Worland, B., Nicholson, P., Doonan, J.H. and Vian, P. 2011. T-DNA mutagenesis in *Brachypodium distachyon*. *Journal of Experimental Botany* 10: 1-11.
- Trejo-Téllez, LI, Gómez-Merino F.C, Gómez-Pérez, V. y Castro-García, F.A. , 2014. Cobalto en poscosecha de varas de gladiola. INIFAP. 1575-1587.
- Weier, E., Stocking, R. y Barbour, M. 1979. Botánica. Quinta edición, Editorial Limusa, México D.F. 741 p.
- Woltz, S. S., Maggie, R. O., Switkin, C., Nelson, P. E., and Tousson, T. A. 1977. Gladiolus disease response to prestorage corm inoculation with *Fusarium* species. *Plant Disease Reporter* 62: 134-13.