



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

MANEJO AGRONÓMICO Y RADIOSENSIBILIDAD DE *Zephyranthes lindleyana* Herb. (Amarylidaceae)

ZAYNER EDIN RODRÍGUEZ FLORES

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

2023



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **Manejo agronómico y radiosensibilidad de *Zephyranthes lindleyana* Herb. (Amarylidaceae)**, realizada por el estudiante: **Zayner Edin Rodríguez Flores**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA

FIRMA

DR. YOLANDA LETICIA FERNÁNDEZ PAVÍA

ASESOR

FIRMA

DR. JOSE LUIS GARCÍA CUÉ

ASESOR

FIRMA

DR. EULOGIO DE LA CRUZ TORRES

ASESOR

FIRMA

M.C. DAVID JAÉN CONTRERAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, enero de 2023

MANEJO AGRONÓMICO Y RADIOSENSIBILIDAD DE *Zephyranthes lindleyana*

HERB. (Amarylidaceae)

Zayner Edin Rodríguez Flores M.C
Colegio de Postgraduados 2022

RESUMEN

México cuenta con un gran número de plantas nativas, cuyas especies tienen un alto potencial ornamental e industrial. El lirio de lluvia (*Zephyranthes lindleyana* Herb.) pertenece a un grupo de aproximadamente de 37 especies nativas de un total de 90 especies dentro del género *Zephyranthes*. al igual que otras especies como *Z. citrina*, *Z. carinata* y *Z. minuta*, carece de información que aporte al manejo agronómico incluyendo la dosis de fertilización. El presente trabajo expone los resultados de investigación de dos experimentos independientes, nutrición mineral exploratoria adicionando bioestimulantes y radiación gamma a bulbos, con el objetivo de evaluar su efecto en parámetros de crecimiento y desarrollo vegetativo, como el porcentaje de brotación, longitud y número de hojas en plantas de la especie *Z. lindleyana* Herb. Dichos experimentos se realizaron en dos fases experimentales en años consecutivos (2021-2022), bajo condiciones de invernadero, un mismo sustrato y mismo riego. Este ensayo permitió evidenciar que altas dosis de nitrógeno pueden aumentar variables de crecimiento y cantidad de semilla, además de que una aplicación individual de bioestimulantes no es suficiente para promover el crecimiento o desarrollo de *Z. lindleyana* Herb., además se logró identificar que la irradiación de bulbos en un rango de 20 y 30 Gy estimula el crecimiento de las hojas en comparación al tratamiento testigo y las que las dosis entre 40 y 100 Gy resultan letales.

Palabras clave: irradiación, rayos gamma, mutagénesis, bulbo, nutrimentos.

AGRONOMIC MANAGEMENT AND RADIOSENSITIVITY OF *Zephyranthes lindleyana*

HERB. (Amarylidaceae)

Zayner Edin Rodríguez Flores M.C
Colegio de Postgraduados 2022

ABSTRACT

Mexico has a large number of native plants, whose species have a high ornamental and industrial potential. The rain lily (*Zephyranthes lindleyana* Herb.) belongs to a group of approximately 37 native species out of a total of 90 species within the genus *Zephyranthes*. like other species such as *Z. citrina*, *Z. carinata* and *Z. minuta*, it lacks information that contributes to agronomic management, including fertilization dose. The present work presents the research results of two independent experiments, exploratory mineral nutrition adding biostimulants and gamma radiation to bulbs, with the aim of evaluating its effect on growth parameters and vegetative development, such as the percentage of sprouting, length and number of leaves. in plants of the species *Z. lindleyana* Herb. These experiments were carried out in two experimental phases in consecutive years (2021-2022), under greenhouse conditions, the same substrate and the same irrigation. This trial made it possible to show that high doses of nitrogen can increase growth variables and seed quantity, in addition to the fact that an individual application of biostimulants is not enough to promote the growth or development of *Z. lindleyana* Herb., In addition, it was possible to identify that irradiation of bulbs in a range of 20 and 30 Gy stimulates the growth of the leaves in comparison to the control treatment and those in which the doses between 40 and 100 Gy are lethal.

Keywords: irradiation, gamma rays, mutagenesis, bulb, nutrients

DEDICATORIAS

A MIS PADRES: Minerva Flores Estefes y Primitivo Rodríguez Hernández, por darme la fortaleza y el apoyo de siempre continuar recopilando logros en cada paso. Por ser siempre amorosos y siempre acertar en sus consejos, los amo.

A MI HERMANO: Askel, por ser fuente de alivio de muchas ocasiones, por tu apoyo y buenos consejos.

A YANET: Por creer en mi desde el día 1, por ayudarme y fortalecerme cuando más lo necesite, por tu alegría y gran amor.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado durante la realización de mis estudios de Maestría.

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y al posgrado de Recursos Genéticos y Productividad - Fruticultura, por brindarme las instalaciones para desarrollar mi proyecto.

A mi consejera, Dra. Yolanda Leticia Fernández Pavía, por su disposición desde el primer día que recurrí a usted, por su apoyo y confianza durante todo el tiempo, por la atención y siempre buenos deseos. Y por mostrarme el mundo de las ornamentales.

Al Dr. José Luis García Cué, por todas las cátedras que recibí durante todo el proceso, por su amplia disposición durante todo el proceso de investigación e interés en mi desarrollo académico y profesional.

Al Dr. Eulogio de la Cruz Torres, por la facilidad en todo el proceso de la irradiación, disposición y ayuda.

Al M.C. David Jaen Contreras, por su disposición y ayuda en la realización de los análisis nutrimentales.

Al Dr. Héctor Gonzales Rosas +, por ser parte de mi bienvenida al postgrado y siempre transmitir amabilidad y profesionalismo.

Al Ing. Nicolas Álvarez Acevedo, por las asesorías y donación del material vegetal.

A cada compañero y profesor que me resolvió una duda y fue de ayuda en mi desarrollo profesional.

CONTENIDO

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DEDICATORIAS	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Justificación.....	4
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	6
2.1 Objetivo general.....	6
2.2 Objetivos específicos.....	6
2.3 Hipótesis general.....	6
2.4 Hipótesis específicas.....	6
III. REVISIÓN DE LITERATURA	7
3.1 Familia Amarylidaceae	7
3.2 Potencial citotóxico de especies de plantas de la familia Amarylidaceae	9
3.3 Especies endémicas	11
3.4 <i>Zephyranthes</i>	12
3.5 Descripción botánica	12
3.6 Propagación.....	13
3.7 Aspectos fitoquímicos de <i>Zephyranthes</i>	14

3.8	Distribución.....	15
3.9	<i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb.	16
3.10	Manejo agronómico.....	17
3.11	Nutrición en especies de la familia Amarylidaceae	18
3.12	Uso de bioestimulantes en la agricultura.....	20
3.13	Extracto de algas.....	21
3.14	Isótopos radiactivos en la agricultura.....	22
3.15	Radiosensibilidad.....	23
3.16	Radiaciones con Cobalto 60 (⁶⁰ Co).....	24
IV.	METODOLOGÍA.....	26
4.1	Sitio experimental.....	26
4.2	Material vegetativo y condiciones del experimento.....	26
4.3	Nutrición y aplicación de bioestimulantes.....	27
4.3.1	Primera fase experimental.....	27
4.3.1.1	Diseño experimental y tratamientos	29
4.3.2	Segunda fase experimental.....	29
4.3.2.1	Diseño experimental y tratamientos	30
4.4	Radiosensibilidad.....	30
4.4.1	Primera fase experimental de radiosensibilidad.....	31
4.4.2	Diseño experimental y tratamientos.....	32
4.4.3	Segunda fase experimental.....	32
4.4.3.1	Diseño experimental y tratamientos	33
4.5	Variables de respuesta.....	33

4.5.1	Porcentaje de brotación y floración	33
4.5.2	Crecimiento y desarrollo	34
4.5.3	Floración	34
4.5.4	Producción de semillas	34
4.5.5	Cuantificación de clorofila	34
4.6	Análisis químico del sustrato	35
4.7	Análisis químico vegetal	36
4.8	Análisis estadístico	36
V.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	38
5.1	Nutrición y aplicación de bioestimulantes	38
5.1.1	Primera fase experimental	38
5.1.1.1	Porcentaje de brotación y floración	38
5.1.1.2	Crecimiento vegetativo	40
5.1.1.3	Comportamiento del crecimiento de <i>Z. lindleyana</i> Herb.	44
5.1.1.4	Floración	45
5.1.1.5	Semillas	47
5.1.1.6	Cuantificación de clorofila	50
5.1.1.7	Estado nutrimental vegetal	50
5.1.2	Segunda fase experimental	54
5.1.2.1	Porcentaje de brotación y floración	54
5.1.2.2	Crecimiento vegetativo	55
5.1.2.3	Comportamiento fisiológico de <i>Z. lindleyana</i> Herb.	60
5.1.2.4	Floración	61

5.1.2.5 Producción de bulbos	61
5.1.1.6 Estado nutrimental vegetal	64
5.1.3 Discusión.....	67
5.2.1 Primera fase experimental.....	70
5.2.1.1 Porcentaje de brotación y floración	70
5.2.1.2 Crecimiento vegetativo	72
5.2.1.3 Comportamiento fisiológico de <i>Z. lindleyana</i> Herb.	77
5.2.2 Segunda Fase experimental	79
5.2.2.1 Porcentaje de brotación y floración	80
5.2.2.2 Crecimiento vegetativo	80
5.2.2.3 Comportamiento fisiológico de <i>Z. lindleyana</i> Herb.	83
5.2.2.4 Floración	84
5.2.3 Discusión.....	84
VI. CONCLUSIONES	86
VII. RECOMENDACIONES	88
VIII. LITERATURA CITADA.....	89

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Dosimetría utilizada para la prueba de radiosensibilidad y la radiación útil (segunda radiación) para la inducción efectiva de mutantes.....	31
Cuadro 2. Estado mineral del sustrato utilizado en la primera fase de investigación.	35
Cuadro 3. Estadísticos descriptivos de la variable longitud de las hojas (LH) de plantas de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición.	42
Cuadro 4. Estadísticos descriptivos de la variable número de las hojas (NH) de plantas de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición.	43
Cuadro 5. Código de colores de acuerdo con la paleta RHS Large Colour Chart® (Sixth Revised Edition), de flores de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. bajo diferentes dosis de nutrición y bioestimulantes.	46
Cuadro 6. Estadísticos univariados descriptivos del número de semillas de plantas de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb.	49
Cuadro 7. Concentración mineral de macroelementos en plantas de <i>Z. lindleyana</i> Herb. bajo diferentes dosis de nutrición y bioestimulantes.	51
Cuadro 8. Concentración mineral de macroelementos en plantas de <i>Z. lindleyana</i> Herb. bajo diferentes dosis de nutrición y bioestimulantes.	51
Cuadro 9. Concentración mineral de microelementos en plantas de <i>Z. lindleyana</i> Herb. bajo diferentes dosis de nutrición y bioestimulantes.	53
Cuadro 10. Estadísticos descriptivos de la variable longitud de las hojas (LH) de plantas de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición.	57
Cuadro 11. Estadísticos descriptivos de la variable número de las hojas (NH) de plantas de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición.	58

Cuadro 12. Variables de crecimiento (longitud y número de hojas) de plantas de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición y bioestimulantes.....	59
Cuadro 13. Estadísticos univariados descriptivos de variables de número de bulbos en plantas de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición y bioestimulantes.	62
Cuadro 14. Estadísticos univariados descriptivos del grosor de bulbos (mm.) en plantas de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición y bioestimulantes.....	64
Cuadro 15. Concentración mineral de macroelementos en plantas de <i>Z. lindleyana</i> Herb. bajo diferentes dosis de nutrición y bioestimulantes.	65
Cuadro 16. Concentración mineral de microelementos en plantas de <i>Z. lindleyana</i> Herb. bajo diferentes dosis de nutrición y bioestimulantes.	67
Cuadro 17. Niveles óptimos de nutrición para <i>Lilium longiflorum</i> (Amarylidaceae).	70
Cuadro 18. Estadísticos descriptivos de la variable longitud de las hojas de plantas de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. bajo diferentes tratamientos de irradiación.	75
Cuadro 19. Estadísticos descriptivos de la variable número de las hojas de plantas de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. bajo diferentes tratamientos de irradiación.	76
Cuadro 20. Variables de crecimiento (longitud y número de hojas) de plantas de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. bajo diferentes dosis de radiación gray.	77
Cuadro 21. Estadísticos descriptivos de la variable longitud de las hojas de plantas de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. bajo diferentes dosis de radiación gamma.....	82

Cuadro 22. Estadísticos descriptivos de la variable número de las hojas de plantas de
Zephyranthes lindleyana Herb. bajo diferentes tratamientos de irradiación. 82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Algunas especies de la familia Amarylidaceae: A: <i>Narcissus pseudonarcissus</i> ; B: <i>Nothoscordum bivalve</i> (L.) Britton; C: <i>Hymenocallis occidentalis</i> (J. LeConte) Kunth; D: <i>Allium cernuum</i> Roth. Fuente: Elaboración propia con datos del Consorcio Midwest Herbaria.	9
Figura 2. Grupo de alcaloides de la familia Amarylidaceae (Nair et al., 2021)	10
Figura 3. Descripción morfológica <i>Zephyranthes clintiae</i>	13
Figura 4. Distribución de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. en la república mexicana. Fuente: Elaboración propia.	16
Figura 5. <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb; A: Bulbo; B: Botón floral; C: Inflorescencia; D: Fruto y proceso de formación.	17
Figura 6. Ubicación geográfica del municipio de Tepeojuma, Puebla, México. Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2018).	27
Figura 7. Año 2021. Esquema de distribución de los tratamientos del experimento de fertilización, de la primera fase. Dosis de N, P, K expresadas en porcentaje. b1: Bioestimulante MC Cream®; b2: Bioestimulante MC Extra®.	28
Figura 8. Año 2022. Esquema de distribución de tratamientos del experimento de fertilización. Dosis de N, P, K expresadas en porcentaje. b1: Bioestimulante MC Cream®; b2: Bioestimulante MC Extra®.	30
Figura 9. Año 2021. Esquema de distribución de tratamientos del experimento de radiosensibilidad. Gy: Grados Gray.....	32
Figura 10. Año 2021. Esquema de distribución de tratamientos del experimento de radiación. Gy: Grados Gray.	33

Figura 11. Porcentaje de brotación de diez diferentes tratamientos durante el ciclo de cultivo.....	39
Figura 12. Brotación vegetativa de plantas de <i>Z. lindleyana</i> Herb. A y B: Plantas de <i>Z. lindleyana</i> ; C: Botón floral de <i>Z. lindleyana</i> Herb.....	40
Figura 13. Distribución de los datos de variables de crecimiento por tratamiento.....	41
Figura 14. Curvas de crecimiento de plantas de <i>Z. lindleyana</i> Herb. por tratamiento.	44
Figura 15. Expresión floral y morfología de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. A: inflorescencia, B: Planta de <i>Z. lindleyana</i> Herb.....	46
Figura 16. Distribución de los datos de longitud de pedúnculo (LP) por tratamiento.....	47
Figura 17. <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. A: Fruto B: Fruto abierto que expone las semillas en su interior.....	48
Figura 18. Fruto de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. sin madurar, tratamiento T02 (80-60-50 kg ha ⁻¹ sin bioestimulantes).....	48
Figura 19. Porcentaje de brotación de diferentes dosis de N-P-K, bioestimulantes y frecuencia de aplicación de bioestimulantes.....	54
Figura 20. Distribución de los datos de variables de crecimiento por tratamiento.....	55
Figura 21. Curvas de crecimiento de plantas de <i>Z. lindleyana</i> Herb. por tratamiento.	61
Figura 22. Bulbo de <i>Z. lindleyana</i> Herb. con pudrición.	63
Figura 23. Porcentaje de brotación floral y vegetativo de bulbos de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. irradiados con diferentes dosis Gray.....	71
Figura 24. Distribución de los datos de variables de crecimiento por tratamiento.....	72
Figura 25. Plantas de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. bajo diferentes dosis de radiación Gray. Gy: Grados Gray.	74

Figura 26. Curvas de crecimiento de plantas de <i>Z. lindleyana</i> Herb. por tratamiento.	78
Figura 27. Inflorescencias de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb bajo diferentes dosis de radiación con cobalto 60. A: Tratamiento 20 Gy, B: Testigo.	79
Figura 28. Porcentaje de brotación floral y vegetativo de bulbos de <i>Zephyranthes lindleyana</i> Herb. irradiados con diferentes dosis Gray. Año 2022. T01: 15 Gy, T02: 20 Gy, T03: 25 Gy, T04: 30 Gy, T05: Testigo.	80
Figura 29. Distribución de los datos de variables de crecimiento por tratamiento. A: Número de hojas (NH); B: Longitud de las hojas (LH). T01: 15 Gy, T02: 20 Gy, T03: 25 Gy, T04: 30 Gy, T05: Testigo.....	81
Figura 30. Curvas de crecimiento promedio de plantas de <i>Z. lindleyana</i> Herb. bajo dosis de radiación gamma.	83

I. INTRODUCCIÓN

México es conocido como un país megadiverso, cuya biodiversidad alberga un gran número de plantas vasculares silvestres, de géneros como *Zephyranthes*, *Hymenocallis* y *Sprekelia* cuyas especies no son utilizadas en producciones comercialmente importantes, tal es el caso de *Zephyranthes*, que contiene a plantas con un gran potencial ornamental al poder ser utilizadas como cultivos de maceta , así como en la industria farmacéutica como una fuente para la obtención de metabolitos secundarios (Tapia *et al.*, 2012).

El género *Zephyranthes* incluye aproximadamente 90 especies de plantas de bulbo pequeño, herbáceas y perennes (Fishchuk, 2021), comúnmente distribuidas en regiones subtropicales y tropicales de América y presente en países como Chile, Argentina, México y distintas partes del sudeste de África (Spurrier *et al.*, 2015; Afroz *et al.*, 2018).

A lo largo del territorio mexicano existen alrededor de 37 especies nativas de *Zephyranthes* distribuidas principalmente en el norte y centro del país. Especies como *Z. citrina*, *Z. carinata* y *Z. minuta* han sido estudiadas por presentar contenido de alcaloides en los bulbos (Singh *et al.*, 2010), sin embargo, la información de este género es limitada debido a la falta de estudios en su manejo agronómico.

De acuerdo con Hamrick (2003) para la producción de ornamentales es necesario conocer los requerimientos del cultivo, como el sustrato, dosis de nutrición , etc., actualmente la información de plantas nativas aún es escasa. Posiblemente a que la mayoría de los estudios de plantas endémicas tienen más un enfoque de conservación de biodiversidad que de producción. La industria farmacéutica a percibido el gran potencial de las especies de *Zephyranthes* como *Z. grandiflora*, *Z. citrina*, *Z. carinata* y *Z. minuta* en la industria farmacéutica (Zhan *et al.*, 2017;

Wang *et al.*, 2018; Kohelová *et al.*,2021), y un amplio atractivo por el género en general por su potencial ornamental aun así en especies nativas de México como *Zephyranthes lindleyana* Herb. resalta la falta de información sobre la nutrición , fitoquímica, manejo agronómico y alcances genéticos del material vegetal que representan un atractivo interesante en su investigación.

Todas aquellas actividades relacionadas con el mantenimiento y manejo de un cultivo o planta para su bienestar y comercialización, se denominan practicas agronómicas. En diversos cultivos, el éxito de un buen manejo agronómico es consecuencia de la investigación y desarrollo por distintas universidades y la recopilación de conocimientos empíricos de los productores (Donzelli *et al.*, 2017). Por otro lado, las prácticas o manejo agronómico además de ser la base biológica para una producción primaria, tienen un impacto directo en funciones ecológicas, ya que estas prácticas permiten preservar los recursos naturales (Karavidas *et al.*, 2022).

La mejora continua en el manejo agronómico de los cultivos ha ido evolucionando para la solución y demanda de nuevos retos en el campo y en el mercado. En la actualidad se cuenta con herramientas que nos muestran los límites y capacidades de una planta en específico. Inducir mutaciones fitogenéticas, ha sido de gran ayuda en la obtención de nuevas variedades con características agronómicas que han permitido obtener mayor inocuidad, rendimientos y calidad del producto (Garima *et al.*, 2019).

Un ejemplo claro es la radiación ionizante, que es una herramienta ampliamente utilizada en programas de mejoramiento genético por mutación (Hong *et al.*, 2018) con el fin de obtener nuevos cultivares con mejores características de cultivo. Uno de los prerrequisitos para iniciar un programa de experimentos con radiaciones es realizar un estudio de radiosensibilidad, que permite conocer los límites de la especie a irradiar (Datta, 2019). Potenciar la variabilidad genética de una

especie al inducir mutaciones por medio de la radiación con isotopos radiactivos es una técnica que permite acelerar el proceso de desarrollo y obtención de rasgos morfológicos que no se encuentran de manera natural, y que es eficaz en el aumento de la diversidad genética de un cultivo (de los Santos-Villalobos, 2021).

La implementación de un manejo agronómico en especies nativas que no cuentan con un esquema establecido (como *Zephyranthes*), permite mitigar la expansión del mercado de plantas “exóticas” que son directamente relacionados con el saqueo y que amenazan los hábitats tras una sobrecolección de especímenes y que en muchos casos tiene como consecuencia el ingreso a la lista de especies en peligro de extinción (Cardoso y Vendrame, 2022).

1.1 Planteamiento del problema

Desde hace varios años, existe carencia de información, por desarrollar investigación de plantas nativas con potencial ornamental e industrial. La falta de requerimientos agronómicos básicos es en gran parte consecuencia de la atención que acaparan los cultivos de interés comercial y que la mayoría de las ocasiones son producto de programas de mejoramiento extranjero. Este problema es conocido desde hace tiempo, pues es sabido que en México existe una fuga importante de material genético hacia otros países, y que actualmente existen variedades registradas (como el cempasúchil), con plantas endémicas de México como parentales, y que dominan el mercado nacional.

Es por ello que es una necesidad aportar en el desarrollo agronómico y la búsqueda de variabilidad en la fisiología y morfología de plantas nativas, que permitan su producción e incluso ser objeto de futuros programas de mejoramiento genético.

Con el fin de aportar en la producción de las plantas nativas e incentivar cambios en el mercado ornamental, con el uso de plantas endémicas, el presente trabajo pretende responder y aportar información en relación a la siguiente pregunta: ¿Qué cambios se manifiestan en la nutrición, crecimiento, desarrollo y floración de *Zephyranthes lindleyana* Herb cuando se aplican bioestimulantes e irradiación de bulbos con rayos gamma?

Por lo anterior, y siguiendo el objetivo de inducir variaciones en el desarrollo, crecimiento y morfología de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes dosis de nutrición e irradiación gamma, se plantea la realización de dos experimentos, uno de nutrición y otro de radiación, realizando mediciones cuantitativas, como brotación, altura y número de hojas, etc., que permitan identificar cambios en el crecimiento en la planta.

1.2 Justificación

Si bien en la actualidad el estudio y progresos de la agricultura e industria avanzan de manera importante, no es de manera uniforme en todos los cultivos, pues existe una carencia de información significativa sobre las plantas nativas. Con este antecedente, la investigación plateada pretende marcar la base en establecer un manejo agronómico para *Zephyranthes lindleyana* Herb. y conocer el comportamiento de esta especie ante irradiación gamma, generando información útil para futuros programas de mejoramiento genético por mutaciones.

Desarrollar un manejo agronómico y realizar irradiaciones en especies nativas (como *Z. lindleyana* Herb.), permitiría mitigar la expansión del mercado de plantas “exóticas” y el saqueo desmedido, así como, potenciar la variabilidad genética en rasgos morfológicos de interés para la generación de nuevas variedades ornamentales. De esta manera, poder desarrollar nuevos cultivos y su

manejo, creando la oportunidad de influir en la diversificación de la producción mundial de ornamentales, con el uso de plantas mexicanas.

En los últimos años la mayoría de las investigaciones giran en torno al mejoramiento de cultivos existentes con el fin de aumentar el rendimiento, trayendo como consecuencia la pérdida de biodiversidad y de hábitats, pues las prácticas agrícolas están enfocadas a mejorar los cultivos existentes desplazando a las plantas nativas.

Contribuir en el impulso del estudio de plantas autóctonas prepara un escenario para que las plantas nativas sean fuente de recursos biológicos y genéticos que promuevan la diversidad de cultivos y a su vez permitan su conservación. El fomento de especies nativas como *Z. lindleyana* Herb., da lugar a contribuir en la protección de la diversidad genética y desarrollo del mercado local. Poder encontrar la nutrición idónea de *Z. lindleyana* Herb., permitirá asistir a la conservación y promoción del estudio de plantas nativas que se distribuyen en México, que en muchas ocasiones son dejadas de lado y que, por causas como el cambio climático, la armonía de sus hábitats se ve perturbada. Asimismo, el estudio de la radiosensibilidad en *Z. lindleyana* Herb. servirá como recurso en futuros procesos de mejoramiento genético por medio de mutaciones físicas, pues se obtendrán los rangos de radiación útiles.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivo general

- Analizar el efecto de diferentes dosis de nutrición, bioestimulantes y radiosensibilidad de *Zephyranthes lindleyana* Herb. en parámetros de crecimiento y desarrollo.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar los niveles de nutrición adecuados para el manejo agronómico de *Zephyranthes lindleyana* Herb.
- Evaluar el efecto de la aplicación de bioestimulantes en el desarrollo de la planta.
- Identificar las dosis letales y efectivas de radiación gamma para *Zephyranthes lindleyana* Herb.

2.3 Hipótesis general

- El uso de bioestimulantes en la nutrición y la irradiación de bulbos con rayos gamma se manifiesta en cambios en el crecimiento, desarrollo y floración de *Zephyranthes lindleyana* Herb.

2.4 Hipótesis específicas

- El ensayo de dosis exploratoria, permite la determinar los niveles adecuados de nutrición para *Z. lindleyana* Herb.
- Las plantas de *Z. lindleyana* Herb. manifiestan cambios en el desarrollo, cuantificables por el efecto de los bioestimulantes.
- El desarrollo de la especie *Z. lindleyana* Herb. responde a diferentes dosis de radiación gamma.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

A continuación, se describen conceptos y tópicos directamente relacionados con los fines centrales del trabajo, con el propósito de establecer las nociones fundamentales para la comprensión de la relevancia, antecedentes y el desarrollo mismo del proyecto.

3.1 Familia Amarylidaceae

Las especies de la familia Amarylidaceae han sido utilizadas por muchas culturas alrededor del mundo desde la antigüedad. Desde especias, vegetales a plantas ornamentales, las especies de esta familia han tenido un lugar en la gastronomía, y en la medicina alternativa, debido a que muchas de ellas tienen propiedades medicinales en malestares comunes como inflamaciones, diabetes, hipertensión e incluso cáncer (Caruso *et al.*, 2020). Hasta la fecha, se encuentran consideradas dentro de las 20 principales familias de plantas medicinales (Jin y Yao, 2019).

Esta gran familia está compuesta por 75 géneros y aproximadamente 1600 especies divididas en tres grandes subfamilias (Agapanthoideae, Allioideae y Amarylidoideae) (Christenhusz y Byng, 2016). Las plantas de esta familia, en su gran mayoría son especies herbáceas perenes y bianuales, y que se caracterizan por ser geófitas (Meerow y Snijman, 1998). La morfología subterránea de estas especies es muy diversa, tanto así que se separan en tres grupos. La formación bulbosa posee un recubrimiento membranoso de las hojas, denominado “túnica”, y cuyo bulbo verdadero consta de un tallo basal comprimido longitudinalmente, usualmente suculento y tiene función de almacenamiento. Los rizomas son comúnmente carnosos, creciendo a lo largo de varios años a través del desarrollo de la placa basal y que principalmente funcionan como órgano de almacenamiento (Wadley *et al.*, 2020). Por último, la estructura domesticada es el resultado de un proceso de muchos siglos de mejoramiento que ha permitido formar grandes bulbos de

almacenamiento, en este último grupo podemos encontrar a las cebollas (Kamenetsky y Rabinowitch, 2006).

Las amarilidáceas son plantas terrestres (aunque existen reportadas plantas acuáticas e incluso suculentas) que se distribuyen en principalmente en ecosistemas xerófilos de veranos cálidos y secos e inviernos fríos y húmedos (Wheeler *et al.*, 2013). La distribución geográfica es amplia, pues de acuerdo a diversos autores su presencia está documentada ya hace varios años y existen reportes de especies de esta familia desde el Mediterráneo (Peruzzi *et al.*, 2012), África (Molnár *et al.*, 2018), Sudamérica, Norteamérica y altamente presentes en Asia (Caruso *et al.*, 2020).

En esta familia existen plantas de valor cultural y económico, productos ornamentales, medicinales y gastronómicos que figuran en la lista de los productos más importantes (Figura 1). El género *Allium* es uno de éstos, dado que en este género se encuentran cultivos como la cebolla (*Allium cepa*) y el ajo (*Allium sativum*), este último es un cultivo que en 2020 tuvo en México una producción de 28.05 millones de toneladas (FAOSTAT, 2022). Cultivos en la industria ornamental como *Narcissus tazetta* miembros de las Amarylidaceae, son productos con un mercado amplio en la venta como flor de corte (Bayat y Aminifard, 2018).

Las plantas de la familia Amarylidaceae pertenecen a uno de los grupos más importantes de familias de plantas bulbosas por su estética y explotación medicinal.

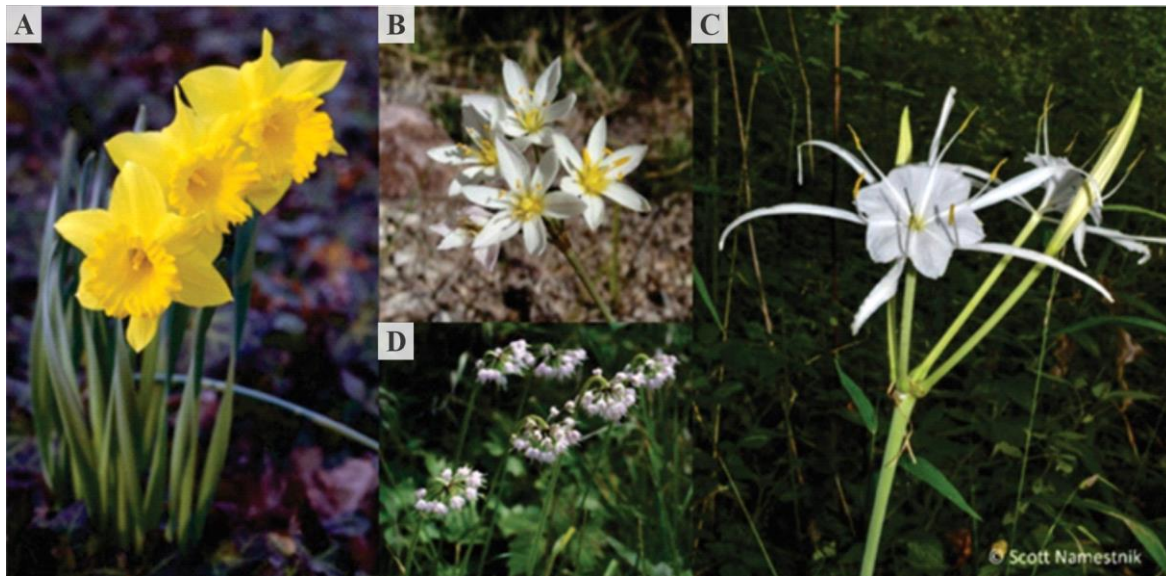


Figura 1. Algunas especies de la familia Amaryllidaceae: A: *Narcissus pseudonarcissus*; B: *Nothoscordum bivalve* (L.) Britton; C: *Hymenocallis occidentalis* (J. LeConte) Kunth; D: *Allium cernuum* Roth. Fuente: Elaboración propia con datos del Consorcio Midwest Herbaria.

3.2 Potencial citotóxico de especies de plantas de la familia Amaryllidaceae

Diversas especies de la familia Amaryllidaceae han sido estudiadas por su gran potencial citotóxico, debido al contenido de alcaloides (Figura 2) en los que destacan atributos antivirales, antiinflamatorios, anticancerígenos, antidepresivos y antioxidantes, entre otras más (Ghosal *et al.*, 1986; He *et al.*, 2015; Zhan, *et al.*, 2016; Zhan *et al.*, 2017; Berkov *et al.*, 2021; Minkah y Danquah, 2021; Rashed, 2021).

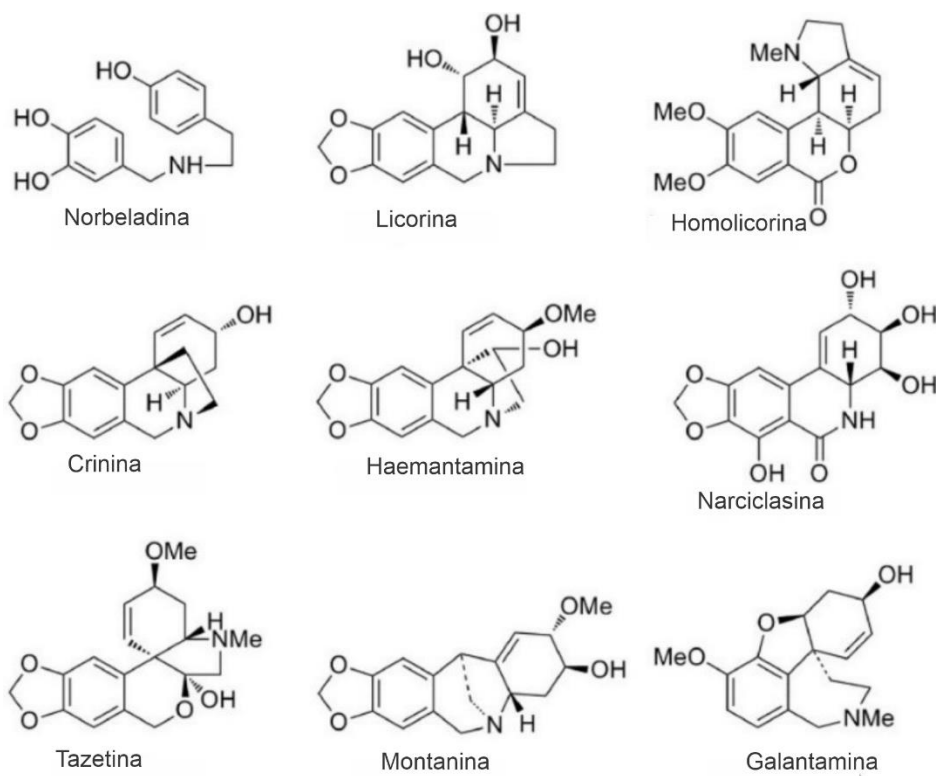


Figura 2. Grupo de alcaloides de la familia Amaryllidaceae (Nair *et al.*, 2021)

La familia Amaryllidaceae es considerada una de las 20 más importantes debido a su potencial citotóxico, pues en los últimos 30 años en especies de esta familia se han descubierto más de 600 alcaloides (Nair *et al.*, 2021). Los principales alcaloides de las amarilidáceas pertenecen a distintos grupos siendo Licorina, Crinina y Homolicorina los más abundantes y que han sido estudiados por su capacidad de producir apoptosis de células cancerosas, estos alcaloides los podemos encontrar en especies de los géneros *Crinum*, *Nerine*, *Pancartium* y de *Lycoris* (Jin y Yao, 2019). Cabe resaltar que los grupos de alcaloides antes mencionados no son los únicos que podemos encontrar en las amarilidáceas, ya que existen grupos menores como las Montanina, Galasina, Isminas, etc. (Berkov *et al.*, 2020) (Figura 3).

El grupo de las Galantamina es de los que más llaman la atención en el ámbito médico pues ha sido empleada comercialmente como terapia paliativa en Alzheimer desde hace algunos años y

que está aprobada por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA-U.S. Food and Drug Administration, por sus siglas en inglés) (Nair *et al.*, 2021), debido a actividades de inhibición de la acetilcolinesterasa y que debido a los altos costos de la síntesis de la galantamina la extracción de fuentes vegetales como *Galanthus*, *Leucojum*, *Lycoris*, *Narcissus* y *Zephyranthes* es una de las opciones más viables (Rojas-Vera *et al.*, 2021).

3.3 Especies endémicas

Una especie endémica es aquella que es solo habita en un lugar específico. Si bien el término es muy general, puede aplicarse a un bioma, una región de unas cuantas hectáreas, hasta un país, continente, océano, isla, etc.; es decir, de un lugar tanto amplio como limitado (PROFEPA, 2020). En torno al término “endemismo” existe un gran debate al aceptar un término ecológico o histórico, es necesario aceptar una definición que aborde ambos y que aplique en distintos campos de investigación y algunos autores (Hobohm, 2014; Noguera-Urbano, 2017) afirman que la definición acuñada por Candolle (1820) es la más aceptable pues define a “endémico” como un taxón nativo que se distribuyen en un lugar y no en otro.

Con alrededor de un 10 % del bioma mundial, México es un país megadiverso con un índice alto de endemismo (Ulloa-Ulloa *et al.*, 2017; Mayani-Parás *et al.*, 2021) y a nivel mundial es uno de los principales puntos de conservación de biodiversidad (Salinas-Rodríguez *et al.*, 2018). El territorio mexicano cuenta con un aproximado de 11001 especies de plantas vasculares endémicas, lo que significa un 50% de las plantas vasculares en México (Villaseñor, 2016), lo que en realidad más allá del mérito de biodiversidad es un riesgo latente a la potencial extinción de las especies por la destrucción de sus hábitats (Salinas-Rodríguez *et al.*, 2018). Esta riqueza se encuentra distribuida a lo largo del país, principalmente en las cadenas montañosas más antiguas de México,

la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Eje Volcánico Transmexicano y Tierras Altas de Chiapas (Morrone *et al.*, 2017).

3.4 *Zephyranthes*

El género *Zephyranthes* incluye cerca de 90 especies de plantas endémicas de la familia Amarylidaceae de las cuales 37 han sido identificadas como nativas de México y que junto con el género *Habaranthus* son llamadas comúnmente como lirios de lluvia en referencia a que la floración es en los meses de mayo y junio (Tapia *et al.*, 2012). Este género ofrece un amplio potencial de investigación puesto que al ser especies nativas no se han realizado experimentos que permitan conocer procesos importantes como su propagación, nutrición y variabilidad genética.

3.5 Descripción botánica

Zephyranthes clintiae (Figura 3) se describe como herbácea de bulbo pequeño y cubierto con túnica, hojas fasciculadas, lineares y erguidas, de colores amarillo, rosa, magenta y blanco brillante, tallo floral alargado y hueco (Sánchez *et al.*, 2016).



Figura 3. Descripción morfológica *Zephyranthes clintiae* a, b y f, hábito; c; d, bulbo, corte longitudinal; e, bráctea espatiforme y botón floral; g, flor, vista superior; h- i, flor, vistas laterales; j, flor, corte longitudinal; k, antera, l, estigma, vistas superior y lateral; m, fruto joven; n, ovario, corte longitudinal; o, fruto, corte transversal; p, q y r, fruto en diferentes etapas de maduración; s, semilla (López-Ferrari y Espejo-Serna, 2002).

3.6 Propagación

Las especies de *Zephyranthes* son plantas cuya reproducción puede hacerse bajo distintas metodologías, ya sea mediante reproducción vegetativa con bulbos, o tras una reproducción sexual cuando se forman cápsulas que contienen semillas. Al realizar la reproducción diseccionando los bulbos es posible hacer producción clonal ya que las hijas obtendrán características de la planta

madre, mientras que la reproducción por semilla se usa cuando se busca una segregación de caracteres (Tlahuextl *et al.*, 2005).

3.7 Aspectos fitoquímicos de *Zephyranthes*

Las plantas de la familia Amarylidaceae producen un grupo estructural exclusivo de alcaloides, llamados alcaloides de Amarylidaceae (AAs) y desde el primer aislamiento de AA, la licorina, en 1877 de *Narcissus pseudonarcissus*, alrededor de 600 diferentes AAs han sido reportados hasta la fecha (Kohelová *et al.*, 2021). Las hojas y los bulbos de diferentes especies de *Zephyranthes* han sido utilizados en la medicina tradicional para distintos malestares; *Z. parulla* en Perú para tratar tumores (Ghosal *et al.*, 1986), *Z. candida* en Sudamérica como remedio a la diabetes, *Z. robusta* en China y África debido a su capacidad antiinflamatoria, antitumoral, anticancerígena, y para tratar epilepsia y convulsiones infantiles (Luo *et al.*, 2012; Kulhánková *et al.*, 2013). *Zephyranthes* es un género ampliamente estudiado en la identificación y aislamiento de AAs y que bajo técnicas de extracción con etanol al 95% ha sido posible encontrar nuevos grupos de alcaloides (Wang *et al.*, 2018). Se han logrado identificar algunos grupos como galantamina, 3-epimacronina, hipeastidina, licoramina, galantina, tazetina, entre otros más. Las especies más importantes de *Zephyranthes* por su contenido de alcaloides son *Z. candida*, *Z. grandiflora*, *Z. robusta* y *Z. citrina* ya que tan solo especies como *Z. robusta* se han aislado 30 alcaloides (Kulhánková *et al.*, 2013), y *Z. citrina* 20 (Kohelová *et al.*, 2021).

La galantamina es uno de los alcaloides identificados y aislados en especies de *Zephyranthes* (Konrath *et al.*, 2013; Kulhánková *et al.*, 2013; Takos y Rook, 2013; Zhan *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2017; Zhan, *et al.*, 2017; Kohelová *et al.*, 2021), este alcaloide es uno de los AAs más importantes pues actualmente es una alternativa en el tratamiento de la enfermedad del Alzheimer, cabe

mencionar que de acuerdo a la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) actualmente solo cinco medicamentos han sido aprobados para tratar el Alzheimer, entre estos se la galantamina (Schneider *et al.*, 2014).

3.8 Distribución

Las plantas del género *Zephyranthes* se distribuyen desde el sudeste de Estados Unidos (Flagg y Smith, 2008) al centro y noreste de la República Mexicana (Leszczyńska *et al.*, 2000; Tapia *et al.*, 2012), aun así, existen reportes de diferentes especies en regiones del sur del país, en estados como Yucatán donde se reportan especies introducidas como *Z. carinata* Herb. y nativas (*Z. chlorosolen* Herb., *Z. orellanae* Carvenali) (Menéndez, 2017).

De acuerdo a datos del Servicio de Información sobre Biodiversidad Mundial (GBIF, por sus siglas en inglés) y del Herbario Nacional de Mexico (MEXU), *Zephyranthes lindleyana* Herb. se distribuye en zonas del centro y noreste del país, aún más presente en los estados de Nuevo León, Estado de Mexico e Hidalgo, aunque existen pocos datos de colecta en Veracruz y Puebla (Figura 4), comenzando su brotación entre fechas finales de invierno e inicios de verano; sin embargo, en

la zona centro de la república se puede observar brotaciones vegetativas a principios de marzo y floración entre los meses de abril, mayo y junio.



Figura 4. Distribución de *Zephyranthes lindleyana* Herb. en la república mexicana. Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Información sobre Biodiversidad Mundial (GBIF, por sus siglas en inglés) y del Herbario Nacional de Mexico (MEXU).

3.9 *Zephyranthes lindleyana* Herb.

Zephyranthes lindleyana Herb. es una planta endémica de México (Leszczyńska *et al.*, 2000). Es una especie herbácea y perenne; cuenta flores que miden entre 6.6 y 7 cm de largo, zigomorfas, de color rosa. Las flores son solitarias donde el escapo puede medir de 10 a 13 cm. de largo y 0.3 a 0.5 cm. de grosor, al igual que el pedicelo a excepción de la altura que puede ser de 1.8 cm. de largo (Figura 5). El fruto de esta especie es una cápsula con semillas negras aplanadas (Fishchuk, 2021).



Figura 5. *Zephyranthes lindleyana* Herb; A: Bulbo; B: Botón floral; C: Inflorescencia; D: Fruto y proceso de formación.

3.10 Manejo agronómico

La alta sobrepoblación, el cambio climático, problemas de salinidad y la infertilidad de los suelos, son conflictos que en la actualidad requieren de medidas efectivas en el manejo agronómico de los cultivos (Zandalinas *et al.*, 2021). Toda actividad relacionada con el mantenimiento y manejo de un cultivo o planta durante el ciclo de producción o su procesamiento, se denominan prácticas agronómicas. Muchas veces el éxito de un buen manejo agronómico es el trabajo conjunto de investigadores y productores (Donzelli *et al.*, 2017). Las prácticas o manejo agronómico son la base biológica de la producción primaria, además de que el desarrollo de un paquete tecnológico en una especie en particular tiene un impacto directo en funciones ecológicas que permiten preservar los recursos naturales (Karavidas *et al.*, 2022).

Las prácticas agronómicas, comprenden una serie de normas para que un producto sea de calidad e inocuo al consumidor, si bien las prácticas comienzan desde la elección de la semilla hasta la venta del producto, existen pilares como la enmienda del suelo, nutrición, manejo de la planta, irrigación y el manejo integrado de plagas, que son cruciales para el éxito de la producción de un cultivo (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2017; Kılıç *et al.*, 2020).

3.11 Nutrición en especies de la familia Amarylidaceae

De acuerdo con Marschner (1995) el término elemento mineral esencial o nutrimento, fue acuñado en 1939 y para que un elemento se considerase “esencial”, la planta tiene que ser incapaz de terminar su ciclo de vida sin este mineral, la función de este mineral no puede ser remplazada por otro elemento y el elemento tiene que estar involucrado directamente en su metabolismo.

En la actualidad se consideran 17 elementos minerales que son vitales para que una planta pueda desarrollarse (Kumar *et al.*, 2021); sin embargo, existen tres (nitrógeno, fosforo y potasio) que son denominados macronutrientes primarios. El nitrógeno (N) se considera el elemento mineral más importante para el crecimiento y desarrollo de la planta desde una perspectiva cuantitativa (Ye *et al.*, 2022), el fosforo (P), es otro elemento importante en el desarrollo de la planta pues es la llave de la fotosíntesis, respiración, y la biosíntesis de ácidos nucleicos y membranas (Lambers, 2022), el potasio (K) es un elemento que no se metaboliza a una forma orgánica, sino que permanece como un ion soluble donde tiene funciones cruciales en muchos procesos fisiológicos como la osmorregulación, la biosíntesis de proteínas y el transporte de productos de asimilación (Wang *et al.*, 2021). El manejo nutricional de un cultivo es una herramienta esencial de cualquier planteamiento para la producción moderna, conocer los requerimientos esenciales de N, P y K para cubrir las necesidades nutrimentales de una planta es necesario establecer una dosis de fertilizante adecuada para aumentar el crecimiento y desarrollo de las plantas (Gusta y Same, 2021).

Las plantas de la especie *Zephyranthes* no cuentan con una nutrición definida; sin embargo, es recomendable en caso de cultivarlas en un suelo pobre o arcilloso, adicionar una capa de materia orgánica (Pacific Bulb, 2017).

No obstante, existen especies herbáceas de la misma familia botánica que *Zephyranthes* como *Narcissus* e *Ismene* que señalan un programa de nutrición apto para el desarrollo del bulbo cuya estructura de reserva de energía aporta lo necesario para un buen desarrollo vegetativo y floral.

El empleo de fertilizantes como el fosfato diamónico (DAP) en dosis altas (12 kg ha^{-1}) ha demostrado incrementar el tamaño de las flores, bulbos y altura de planta, señalando la efectividad de dosis altas de fósforo (Turkoglu *et al.*, 2008).

De igual manera, el efecto de fertilizantes nitrogenados en altas cantidades (200 kg. ha^{-1}) muestra evidencia de afectar positivamente la longitud de las plantas, diámetro del bulbo, concentración de carbohidratos y clorofila a y b (Branch, 2013).

Aunque de acuerdo con algunos reportes, en *Ismene amancaes* se ha mostrado que la nutrición simple; es decir con una base NPK (nitrógeno, fosforo, potasio) no muestra incremento en el rendimiento de variables de crecimiento, pero si en variables de rendimiento (Jaulis y Pacheco, 2018).

A sí mismo, en plantas de la familia de Amarylidaceae existen reportes de nutrición mineral en combinación con citoquininas que muestran la relación de estos compuestos en la planta. El nitrato de potasio y benziladenina fueron probados en la aplicación en plantas de *Narcissus tazetta* L. con el fin de conocer la interacción de estos compuestos y su influencia en características morfológicas de la planta, y se demostró que además de influir en el genotipo de la planta afectaron positivamente la calidad de las flores cortadas (Mousavi *et al.*, 2016).

3.12 Uso de bioestimulantes en la agricultura

En la producción de cultivos agrícolas el uso de bioestimulantes se ha vuelto un uso frecuente por parte de los productores que practican una agricultura convencional, pues durante muchos años el uso de este tipo de productos se asociaba a una agricultura orgánica o ecológica (Castillo, 2016) o incluso para la reproducción de plantas cuyo proceso para obtener el material vegetal se realiza bajo procesos mecánicos como *in vitro* (Núñez, 2018). Sin embargo, la evolución de la agricultura hacia la búsqueda de mayores rendimientos, eficiencia de recursos y mejor calidad de cultivos ha convertido a los bioestimulantes en una opción para la estimulación del crecimiento y desarrollo, productividad y rendimientos o bien para modificar procesos fisiológicos.

Un bioestimulante es un producto cuya sustancia o microorganismo que puede aplicarse a las plantas, para mejorar desde la germinación de las semillas al desarrollo, crecimiento y eficiencia nutrimental (Gupta *et al.*, 2021). Los bioestimulantes trabajan bajo mecanismos diferentes a los de los fertilizantes comunes; independientemente del contenido nutrimental, los bioestimulantes están centrados en el vigor de las plantas sin tener acciones directas con plagas o enfermedades. De igual manera, los bioestimulantes pueden ser protagonistas en una mayor obtención de calidades de fruto con mayores aptitudes para el mercado (Ertani *et al.*, 2012; Castillo, 2016; Calero *et al.*, 2019).

De acuerdo con Calvo *et al.*, (2014) los bioestimulantes pueden ser sintéticos o de origen biológico y mejore la productividad de las plantas como consecuencia de las propiedades del complejo de componentes y no de nutrientes esenciales, reguladores de crecimiento o compuestos fitosanitarios (Yakhin *et al.*, 2017).

La categoría en la que se clasifican los productos no está completamente cerrada, y actualmente se conocen las principales categorías de productos bioestimulantes las cuales se definen por el principio activo por el cual actúan, estas clases son: aminoácidos y mezclas de péptidos, extractos de algas y plantas, quitosanos y otros biopolímeros, compuestos orgánicos o “elementos benéficos” y por último hongos y bacterias benéficos (Rodríguez-Ortega, 2017).

El empleo de estos productos ha resultado en mejores expresiones de los cultivos en ambientes bajo estrés abiótico, fomentando un cuidado al suelo causando un crecimiento en la población de microorganismos que podemos encontrar (Barraza y Ovalle, 2017). Si bien, investigaciones (Tapia *et al.*, 2012; Calero-Hurtado *et al.*, 2019) indican que el empleo de los bioestimulantes en diferentes cultivos causa una respuesta positiva, como el aumento de producción, porte del cultivo o calidad del fruto, el uso individual no está comprometido al buen resultado, pues las condiciones ambientales, nutrición y manejo influyen directamente.

3.13 Extracto de algas

En la agricultura, el uso de algas como materia orgánica y fertilizante se remonta miles de años atrás, cuando los romanos envolvían plántulas para mejorar las condiciones de crecimiento. Aun así, los efectos bioestimulantes han tenido auge en los últimos años.

Comercialmente se encuentran productos que utilizan la biomasa de las algas, aunque en igual o mayor proporción es común encontrar productos con extractos de algas (López-Padrón *et al.*, 2020). Actualmente los fertilizantes basados en algas son muy comunes dado que las algas son extremadamente ricas en polisacáridos con concentraciones aproximadas desde 4% al 76% y además son una fuente rica en carbohidratos, proteínas, minerales y otros compuestos químicos como: polifenoles, florotaninos, esteroides, entre otros (Górka *et al.*, 2018). Otros componentes

asociados al buen crecimiento de las plantas incluyen micro y macro nutrientes, y compuestos nitrogenados como las betaínas, y hormonas (Craigie, 2011). Los bioestimulantes provenientes de extractos de algas influyen positivamente en funciones de metabolismo, producción de clorofila, fotosíntesis, síntesis y absorción mineral (Sharma *et al.*, 2014).

La síntesis de estos compuestos por hormonas de crecimiento regularmente ocurre en concentraciones bajas y muchas veces la concentración de los compuestos dependerá de las especies, el lugar de cosecha, la temporada e incluso el método de extracción que se utiliza (Górka *et al.*, 2018).

El grupo de algas más usadas son las algas cafés, y la especie más común en productos comerciales es *Ascophyllum nodosum*. Otras especies que de igual manera son utilizadas para la producción de bioestimulantes son la de otros grupos como *Fucus spp.*, *Laminaria spp.* y *Sargassum spp.* (du Jardin, 2015). Aunque recientemente investigaciones con microalgas como *Spirulina maxima*, *Chlorella vulgaris* y *Dunaliella salina* abre una posibilidad por convertirse en una opción viable a los bioestimulantes por el contenido de metabolitos primarios, vitaminas y compuestos activos como las hormonas de crecimiento incluidas las auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y brasinoesteroides (Colla y Rouphael, 2020; Pérez-Madruga *et al.*, 2020).

3.14 Isótopos radiactivos en la agricultura

Los isótopos radiactivos o radioisótopos tienen la capacidad de emitir una gran cantidad de energía en forma de rayos (alfa, beta y gamma) que actualmente son utilizados en la industria energética, medicina y en la agricultura.

En prácticas agrícolas el uso de radiación gamma es diverso, en procesos de inocuidad poscosecha, nutrición, control de insectos y la reproducción de mutaciones vegetales (World Nuclear

Association, 2017) Esta última se realiza al exponer semillas o esquejes de las plantas de interés con el fundamento de alterar la composición molecular de la misma y causar alteraciones en su morfología, ciclo de vida, floración, entre otras. (Garima *et al.*, 2019).

En la agricultura mundial, la búsqueda de tecnologías para una mejor producción ha ido evolucionando a través del paso de los años, una de estas herramientas es el uso de isótopos radiactivos que se utilizan en partes de la cadena agrícola como la postcosecha funcionando como un controlador de plagas y enfermedades garantizando la inocuidad de los alimentos. Otro uso de los isótopos radiactivos es llevar a cabo un proceso de radiación controlada con rayos gamma a las plantas de interés para inducir mutaciones genéticas generando mutaciones en la fisiología de la planta en la búsqueda de nuevas características que faciliten las prácticas de campo e incluso para mejorar los rendimientos (Singh *et al.*, 2013).

Los isotopos radiactivos en la agricultura son un aliado como una tecnología que es necesaria adoptar ante el desafío que representa la seguridad alimentaria para esta y las próximas generaciones

3.15 Radiosensibilidad

La radiación ionizante es una herramienta utilizada en programas de mejoramiento genético por mutación con el objetivo de obtener características de interés en la búsqueda de nuevos cultivares (He *et al.*, 2018). Uno de los primeros pasos en programas de mejoramiento genético por medio de mutaciones vegetales con algún isótopo radioactivo es realizar un sondeo de la tasa de radiación o estudio de radiosensibilidad, que permite conocer los límites y cantidad necesaria de grados Gray de la especie a irradiar (Datta, 2019).

Las prácticas de irradiación han sido realizadas desde hace muchos años con el fin de realizar modificaciones en el crecimiento, desarrollo de raíces, hojas y floración han sido inducidas por medio de rayos X, gamma, rayos beta (Gunckel, 2015).

La respuesta en particular de una planta tendrá origen en la tasa de radiación que una planta es capaz de asimilar, y esto puede traer distintos efectos que van desde la muerte, inhibición del crecimiento, anormalidades morfológicas o bien, proliferación celular.

3.16 Radiaciones con Cobalto 60 (^{60}Co)

El Cobalto 60 (^{60}Co) es un metal de transición, utilizado como una de las fuentes de emisión de rayos gamma, que son un tipo de energía que emite ondas electromagnéticas con una capacidad de penetración alta en las moléculas y con la capacidad de ionizarlas. Generalmente este tipo de radiación es extremadamente peligrosa para la salud de algún organismo vivo, sin embargo, el uso de radiaciones gamma tiene diversas aplicaciones y beneficios en la agricultura, medicina y en la industria energética (Majeed *et al.*, 2018).

La exposición de material vegetativo a algún tipo de radiación de ^{60}Co , puede ser capaz de alterar rasgos fisiológicos como la germinación, dado que en algunos cultivos la respuesta a altas dosis de radiación afecta la supervivencia de las plantas, y en ciertas dosis se obtiene un efecto estimulante en rasgos morfológicos como la altura y la longitud de la raíz (Díaz *et al.*, 2018). Si bien, el uso de radiaciones gamma actualmente soluciona muchos de los problemas fitosanitarios de los cultivos en poscosecha, existen muchos estudios que han probado que la irradiación de semillas con altas dosis de rayos gamma es capaz de provocar efectos importantes en componentes de las células vegetales (Hanafy y Akladious, 2018).

El efecto del cobalto ha sido descrito desde hace años (Palit *et al.*, 1994), tales efectos en las plantas dependerán completamente de la especie de planta, ya que la absorción es controlada por los mecanismos que difieren entre especies, de igual manera las condiciones físicas (como la salinidad, temperatura, pH, etc.) juegan un papel importante en el resultado. Algunos de los efectos tóxicos del cobalto en la morfología son la caída de las hojas, inhibición de reverdecimiento, cierre prematuro de hojas y pérdida brotes .

IV. METODOLOGÍA

A continuación, se describe de manera detallada la sistemática del presente trabajo, con el fin de transmitir los detalles técnicos que se implementaron en los experimentos, cuidados, procedencia del material vegetativo, condiciones experimentales, mantenimiento, y recopilación de datos.

4.1 Sitio experimental

Los experimentos se realizaron en la región XV del Estado de México, dentro de las instalaciones de la Unidad de Investigación “Ramón Fernández González” en la localidad urbana de San Miguel Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, ubicada a una altitud de 2272 m. con coordenadas 19° 27' 47.19"N y 98° 52' 54.71" O. El sitio de experimental cuenta un clima templado semiseco con una temperatura máxima anual de 25° C y una mínima de 7.7° C., así como una precipitación estacional máxima de 3.8 mm y una mínima de 0.3 mm.

4.2 Material vegetativo y condiciones del experimento

Los bulbos de *Zephyranthes lindleyana* Herb. que se utilizaron en esta investigación se adquirieron a través del Centro de Investigación en Plantas Nativas de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP) ubicado en Atlixco, Puebla, México. Dicha institución realizó la obtención de los bulbos silvestres por medio de colectas al sur-oeste del estado de Puebla en los límites del municipio de Tepeojuma (18° 43' 00" N, 98° 27' 00" O) e Izúcar de Matamoros (18° 36' 10" N, 98° 27' 55" O).

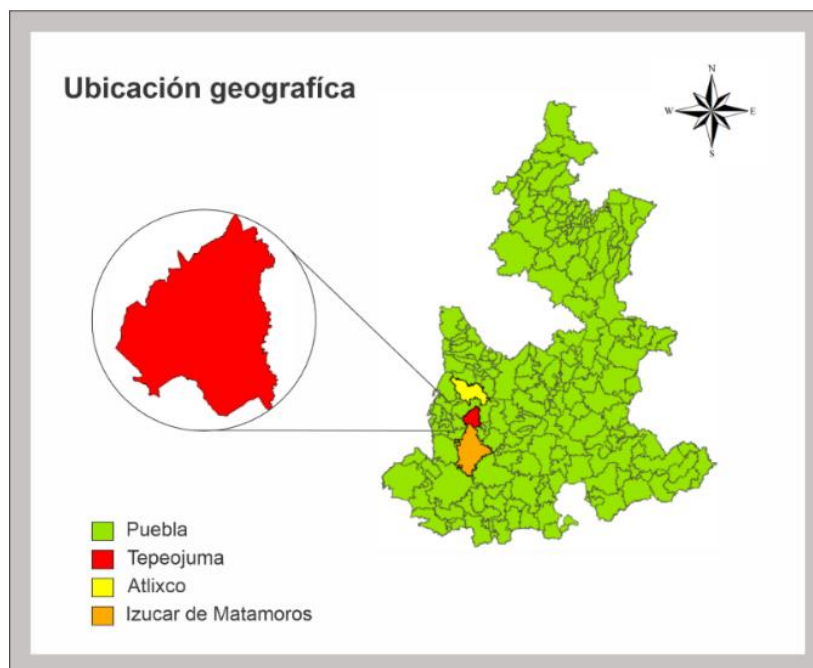


Figura 6. Ubicación geográfica del municipio de Tepeojuma, Puebla, México. Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI (2018).

4.3 Nutrición y aplicación de bioestimulantes

Para el caso de ambas fases experimentales, se utilizaron los bioestimulantes comerciales, MC Cream® en presentación líquida con una concentración de 1.65% de manganeso y 0.55% de zinc y MC Extra® en presentación sólida con una concentración de 1% nitrógeno, 20% potasio, 20% carbono, 0.2% betaínas y 4% de manitol. Ambos bioestimulantes a base de extracto de algas *Ascophyllum nodosum*.

Para el suministro de N,P y K se usaron los fertilizantes, Urea, 20-10-10 y superfosfato triple como fuente de aplicación.

4.3.1 Primera fase experimental

En el primer año la siembra de los bulbos se realizó en el mes de marzo en bolsas negras de polietileno de capacidad 3 kg, dejando el cuello del bulbo ligeramente expuesto, se mantuvieron

bajo invernadero con una cubierta plástica de calibre 400. El sustrato que se utilizó fue de tierra de monte (75%) y tezontle (25%). El control de arvenses se realizó de manera manual y realizando un riego de manera periódica a capacidad de campo. La aplicación del fertilizante se aplicó directamente al suelo en dos partes, una al alcanzar la brotación vegetativa de los bulbos con las fuentes de nitrógeno y 15 días después el resto de fósforo y potasio para completar la dosis de acuerdo al tratamiento al igual que los bioestimulantes, los cuales se aplicaron en aspersiones foliares de acuerdo a la cantidad recomendada (MC Cream® 1 ml L⁻¹ y MC Extra® 0.5 g L⁻¹) según correspondía a los tratamientos. La aleatorización de las macetas se realizó con el programa estadístico RStudio versión 4.2.2, distribuyéndose de acuerdo con el esquema presentado en la Figura 7.

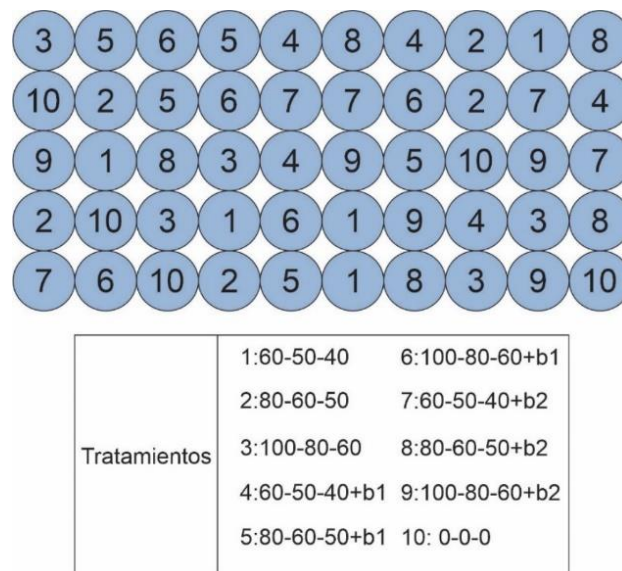


Figura 7. Año 2021. Esquema de distribución de los tratamientos del experimento de fertilización, de la primera fase. Dosis de N, P, K expresadas en porcentaje. b1: Bioestimulante MC Cream®; b2: Bioestimulante MC Extra®.

4.3.1.1 Diseño experimental y tratamientos

En el primer experimento se evaluaron dosis diferentes de N, P, K y dos bioestimulantes comerciales a base de extracto de algas (*Ascophyllum nodosum*).

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar (DCA), con una unidad experimental de una planta por maceta. En el experimento cada tratamiento tuvo cinco repeticiones.

4.3.2 Segunda fase experimental

Durante el año 2022 la siembra se realizó en el mes de febrero en macetas de poliuretano con capacidad de 4 L y con un sustrato 75% tierra de monte y 25% tezontle. El riego se mantuvo a capacidad de campo y el manejo de arvenses se realizó de manera manual. El primer mes del experimento se mantuvo a cielo abierto, a partir del segundo mes las macetas se trasladaron a un invernadero con una cubierta plástica calibre 400. La aplicación del fertilizante se aplicó directamente al suelo en dos partes, una al alcanzar la brotación vegetativa de los bulbos y la segunda parte 15 días después de la primera. Los bioestimulantes se aplicaron en aspersiones foliares de acuerdo con la cantidad recomendada (MC Cream[®] 1 ml L⁻¹ y MC Extra[®] 0.5 g L⁻¹) en la

frecuencia establecida por los tratamientos. La aleatorización de las macetas se realizó con el programa estadístico RStudio versión 4.2.2, distribuyéndose como se indica en la Figura 8.

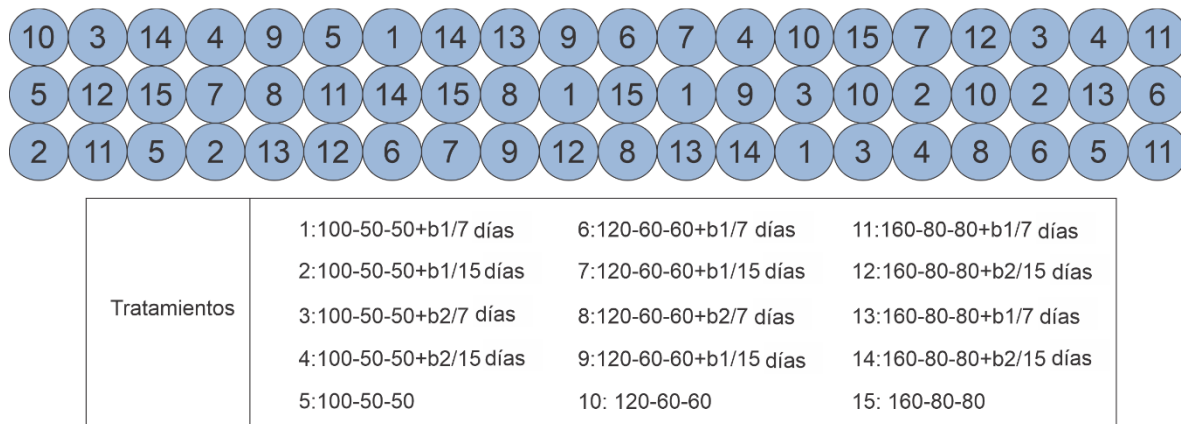


Figura 8. Año 2022. Esquema de distribución de tratamientos del experimento de fertilización. Dosis de N, P, K expresadas en porcentaje. b1: Bioestimulante MC Cream®; b2: Bioestimulante MC Extra®.

4.3.2.1 Diseño experimental y tratamientos

El segundo experimento consistió en la evaluación de dosis diferentes de N, P, K, y dos bioestimulantes en periodos diferentes de aplicación.

El experimento se estableció en un diseño completamente al azar (DCA), con una unidad experimental de una planta por maceta. En el experimento del año 2021 cada tratamiento tuvo cinco repeticiones.

4.4 Radiosensibilidad

Las prácticas de irradiación se realizaron en bulbos antes de la siembra debido al fácil manejo, transporte de los bulbos y para cumplir los estatutos en el uso del equipo de irradiación. Las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) cuentan con el equipo Transelektro LGI-01, el cual es un irradiador de Cobalto 60 (⁶⁰Co) y que fue utilizado para las irradiaciones de esta investigación bajo la supervisión del Dr. Eulogio de la Cruz Torres. La irradiación de rayos gamma se realizó con la dosimetría descrita en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Dosimetría utilizada para la prueba de radiosensibilidad y la radiación útil (segunda radiación) para la inducción efectiva de mutantes.

Prueba de radiosensibilidad											
Tasa de dosis	0.2887455195 Gy/min.										
Dosis (°Gy)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Tiempo de exposición (min)	0	34.6	69.2	103.8	138.4	173	207.6	242.2	276.8	311.4	346
Bulbos irradiados	50(5 por dosis)										
Segunda radiación											
Tasa de dosis	0.2887455195 Gy/min.										
Dosis (°Gy)	0		15		20		25		30		
Tiempo de exposición (minutos)	0		51.9		69.2		86.5		103.8		
Bulbos irradiados	20(5 por dosis)										

Gy: grados gray (Unidad de medida de la dosis de radiación ionizante).

4.4.1 Primera fase experimental de radiosensibilidad

Durante los años 2021 y 2022 se realizaron dos experimentos independientes. Para el primer año, la irradiación de los tratamientos se realizó en el mes de enero. Posteriormente, se realizó la siembra de los bulbos en el mes de marzo en bolsas de negras de polietileno de capacidad 3 kg, dejando el cuello del bulbo ligeramente expuesto, se mantuvieron bajo invernadero con una cubierta plástica de calibre 400. El sustrato que se utilizó fue de tierra de monte (75%) y tezontle (25%). El control de arvenses se realizó de manera manual y realizando un riego de manera periódica a capacidad de campo. Transcurridos 15 días de la primera brotación vegetativa se aplicó una dosis de nutrición (80-60-50 kg ha⁻¹) directamente al suelo en dos partes, una al alcanzar la brotación vegetativa de los bulbos y la segunda 15 días después. La aleatorización de las macetas se realizó con el programa estadístico RStudio versión 4.2.2, distribuyéndose de cómo se indica en la Figura 9.

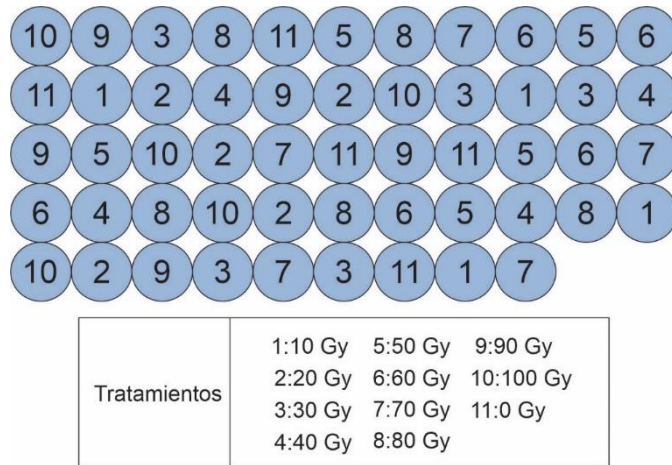


Figura 9. Año 2021. Esquema de distribución de tratamientos del experimento de radiosensibilidad. Gy: Grados Gray.

4.4.2 Diseño experimental y tratamientos

En el primer experimento se evaluaron 10 diferentes dosis con cinco repeticiones. El experimento se estableció en un diseño completamente al azar (DCA), con una unidad experimental de una planta por maceta.

4.4.3 Segunda fase experimental

Durante el año 2022 las prácticas de irradiación de los tratamientos se realizaron en el mes de febrero y una semana después se realizó la siembra de los bulbos en macetas de poliuretano con capacidad de 4 L y con un sustrato 75% tierra de monte y 25% tezontle. El riego se mantuvo a capacidad de campo y el manejo de arvenses se realizó de manera manual. El primer mes del experimento se mantuvo a cielo abierto y a partir del segundo mes las macetas se trasladaron a un invernadero con una cubierta plástica calibre 400. Al igual que el primer experimento, se realizó una aplicación de fertilizante al suelo (80-60-50). La aleatorización de las macetas se realizó con

el programa estadístico RStudio versión 4.2.2, distribuyéndose de acuerdo a lo indicado en la Figura 10.

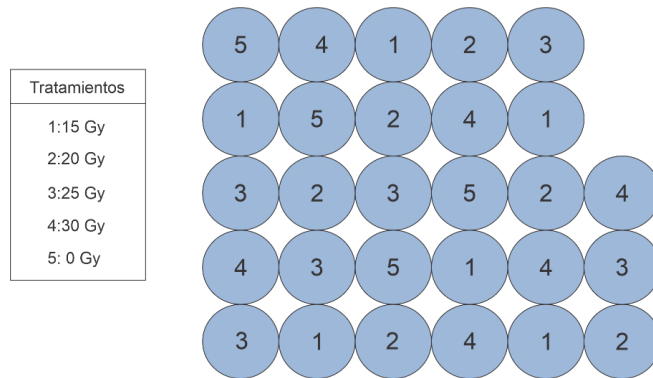


Figura 10. Año 2021. Esquema de distribución de tratamientos del experimento de radiación. Gy: Grados Gray.

4.4.3.1 Diseño experimental y tratamientos

Se evaluaron 4 diferentes dosis de radiación más un tratamiento testigo con seis repeticiones. El experimento se estableció en un diseño completamente al azar (DCA), con una unidad experimental de una planta por maceta.

4.5 Variables de respuesta

En ambas fases experimentales, las variables medidas fueron las mismas, así como la metodología y equipo que se utilizó.

4.5.1 Porcentaje de brotación y floración

El porcentaje de brotación (PB) y floración (PF) se calculó como el promedio de las repeticiones por cada una de las dosis. Estas mediciones se realizaron en un rango de tres días a partir de la primera brotación y floración según correspondiera.

4.5.2 Crecimiento y desarrollo

Para cuantificar el desarrollo vegetativo se realizaron mediciones de variables cuantitativas como la longitud (LH) y número de hojas (NH). La toma de estas variables se realizó periódicamente con una regla metálica de 30 cm. La altura de las hojas fue tomada desde el fin o cuello del bulbo y comienzo de la hoja hasta el ápice de la hoja más grande. La respuesta del crecimiento de las plantas fue proporcionada por la toma de datos en etapa de floración, que de acuerdo a la fisiología del cultivo es cuando expresa su mayor porte y calidad de planta.

4.5.3 Floración

Las variables que se midieron fueron la altura (AP) y grosor del pedúnculo (GP). La variable GP de carácter cuantitativo fue medida utilizando un vernier digital marca Trupper® en la base del pedúnculo a 2 cm de separación del sustrato. En caso de presentar inflorescencias los colores se compararon de acuerdo a la paleta de colores RHS Large Colour Chart® (Sixt Revised Edition)

4.5.4 Producción de semillas

El índice de producción de semillas se calculó como el promedio del número de semillas por repeticiones en cada uno de los tratamientos.

4.5.5 Cuantificación de clorofila

Durante la primera fase de investigación se realizó la cuantificación de clorofila en el Laboratorio de Fisiología y Poscosecha del Programa de Recursos Genéticos y Productividad Especialidad Fruticultura Campus Montecillo. La cuantificación se realizó con muestras del experimento de nutrición por duplicado; es decir con dos repeticiones bajo el método espectrofotométrico descrito por Histcox e Israelstam (1979). Se tomaron muestras de 5 g. de la parte media de hojas, se

maceraron con acetona al 80 % y se diluyó en 10 mL en un tubo de ensayo, se centrifugaron las muestras a 5000 rpm durante 5 min., una vez terminado el tiempo se transfirió el sobrenadante a tubos de ensayo limpios para poder tomar muestras y medir las absorbancias en un espectrofotómetro a 470 nm, 647 nm y 663 nm.

Se calcularon las concentraciones de clorofila a y b de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\text{Clorofila a} = (12.7 \times \text{Absorbancia } 470 \text{ nm}) - (2.69 \times \text{Absorbancia } 663 \text{ nm})$$

$$\text{Clorofila b} = (22.9 \times \text{Absorbancia } 663 \text{ nm}) - (4.68 \times \text{Absorbancia } 470 \text{ nm})$$

4.6 Análisis químico del sustrato

El análisis del sustrato fue realizado por personal del laboratorio de Nutrición Vegetal en el Programa de Edafología del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. En donde se determinó la clasificación textural mediante la técnica de Bouyoucos, la determinación de PBray se realizó por colorimetría azul de molibdeno, para Fe, Cu, Mn y Zn, mediante determinación de absorción atómica, en el caso de N total, se realizó por el método de Kjeldahl. pH por arrastre de vapor y destilación y por último CIC, con extracción de bases con NH₄OAC1N.

Cuadro 2. Estado mineral del sustrato utilizado en la primera fase de investigación.

pH	CE	M.O (%)	N	P	CIC	Clase	Fe	Cu	Zn	Mn
1:2 *	1:5 H ₂ O	Walkley - Black	Total	Bray	NH ₄ COH 1 N, pH 7	Textura	←	DTPA	→	
H ₂ O	dS m ⁻¹		(%)	Ppm	cmol ₍₊₎ kg ⁻¹			ppm		
5.4	2.2	12.4	0.6	23	32	FA	65	2	39	80

pH: Potencial de Hidrogeno; CE: Conductividad eléctrica; MO: Materia orgánica; CIC: Capacidad de intercambio catiónico N: Nitrógeno; P: Fosforo; Fe: Hierro; Cu: Cobre; Zn: Zinc; Mn: Manganeseo; FA: Franco Arenoso

4.7 Análisis químico vegetal

Se realizó un análisis de la concentración nutrimental en las plantas de los experimentos de nutrición. Los análisis correspondientes a la primera fase experimental se realizaron en el laboratorio de Nutrición Vegetal del Programa de Edafología del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

En el caso de los análisis de la segunda fase experimental se realizaron en el Laboratorio de Fisiología y Postcosecha del Programa de Recursos Genéticos y Productividad Especialidad Fruticultura Campus Montecillo bajo el los siguientes métodos.

Método de Kjeldahl, método estandarizado para la cuantificación de Nitrógeno ISO (2009) y absorción atómica para la determinación de P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, B, Fe, y Mn, utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica (AAs) con doble haz, del sistema de compuesto de Savant AA® de la marca GBC, controlado por el software SavantAA para sistema operativo Windows®,

4.8 Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se procedió a obtener los estadísticos descriptivos univariados y distribución de los datos, asimismo se comprobaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk y Bartlett todas ellas con $\alpha=0.05$. En el caso de las variables que cumplieron con las pruebas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y en el caso de existir diferencia estadística se realizó una comparación de medias con la prueba Tukey ($P\leq 0.05$). En el caso de los datos que no cumplieron con las pruebas de normalidad, como el caso de los datos de Longitud de las Hojas (LH) de la primera fase del experimento de nutrición, se procedió a transformar los datos a logaritmos naturales y someterlos nuevamente a las pruebas de Shapiro-Wilk y Bartlett ($\alpha=0.05$), al no cumplir de nuevo con dichas pruebas se procedió a

realizar un análisis por la vía no paramétrica con el test Kruskal-Wallis ($\alpha=0.05$). Los análisis estadísticos se realizaron usando el programa estadístico RStudio versión 4.2.2 (2021-11-01) para Windows®.

V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados que se muestran a continuación se desglosaron por experimento, y dentro de éstos por las dos fases que se llevaron a cabo en los años 2021 y 2022.

5.1 Nutrición y aplicación de bioestimulantes

5.1.1 Primera fase experimental

La primera fase experimental se realizó en el año 2021, y comprendió un total de cinco meses; enero a mayo. El fin del estudio se determinó por la fisiología del cultivo, ya que en el mes de mayo es cuando las plantas alcanzaron su floración. Siendo en esta etapa la última medición para el análisis de los datos en las variables de crecimiento y desarrollo de la planta, así como la floración.

5.1.1.1 Porcentaje de brotación y floración

En el mes de abril de 2021, la brotación vegetativa de los bulbos del experimento de nutrición comenzó en la mayoría de los tratamientos de manera uniforme. Para el mes de mayo la brotación floral comenzó a mediados del mes, en tratamientos con brotes florales las plantas de cada una de las repeticiones mostraron solo botón floral (Figura 11).

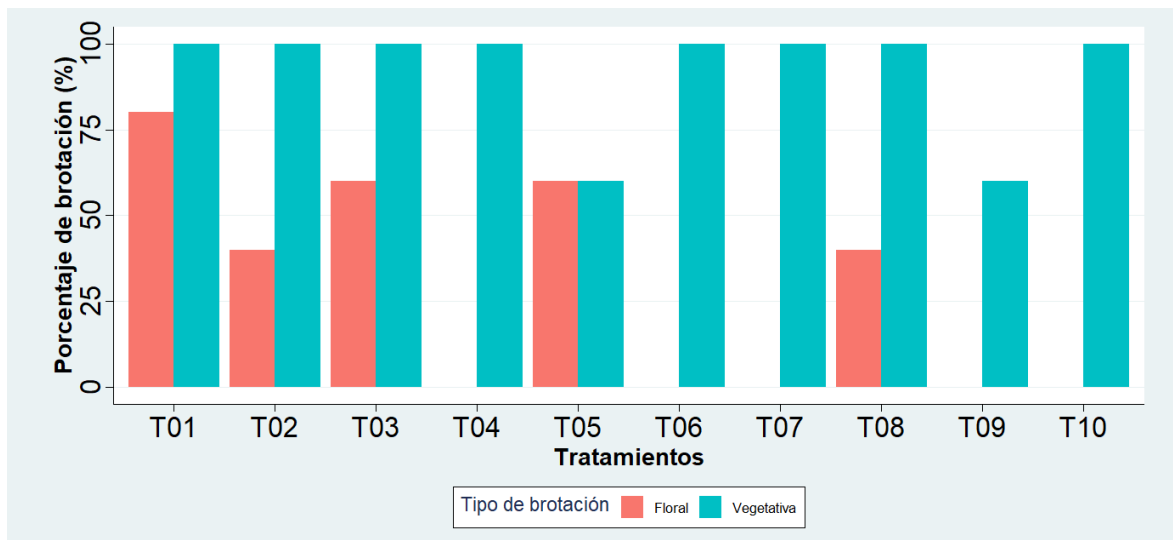


Figura 11. Porcentaje de brotación de diez diferentes tratamientos durante el ciclo de cultivo. T01: 60-50-40 kg ha⁻¹, T02: 80-60-50 kg ha⁻¹, T03: 100-80-60 kg ha⁻¹, T04: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Cream, T05: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Cream, T06: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Cream, T07: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Extra, T08: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra, T09: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Extra, T10: Testigo.

La brotación vegetativa se presentó en un 100 % en todas las plantas de los tratamientos con excepción de los tratamientos T05 y T09 que presentaron solo el 60 %. Respecto a la brotación floral, esta se presentó en todos los tratamientos SIN bioestimulantes, sin embargo, cabe resaltar que la dosis 80-60-50 kg ha⁻¹ fue la única que logro presentar inflorescencias con y sin ambos bioestimulantes, tratamientos T02, T05 y T08 (Figura 12).

El único tratamiento en presentar inflorescencias en todas sus repeticiones fue el tratamiento T01 (60-50-40 kg ha⁻¹, sin bioestimulantes); sin embargo, esta misma dosis no presentó brotes florales en su combinación con bioestimulantes.

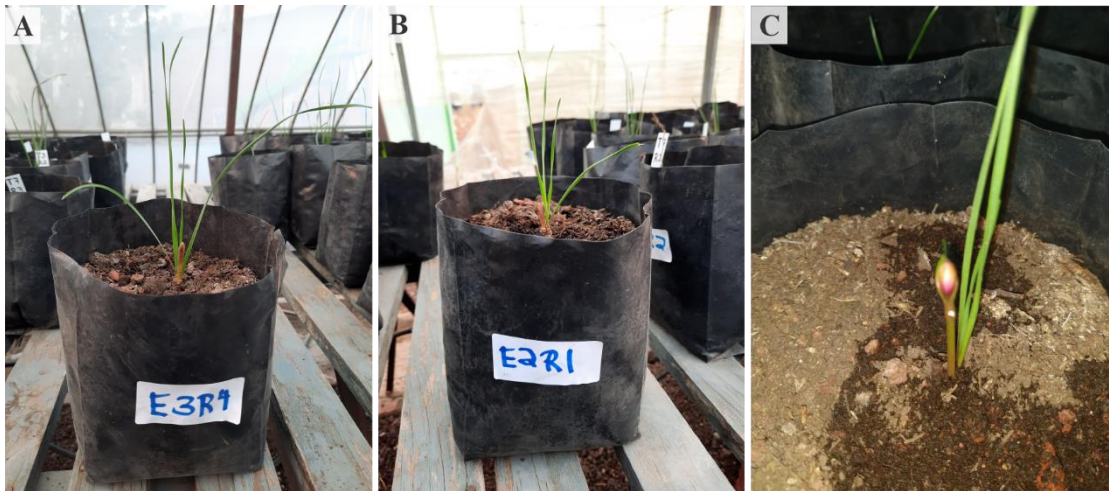


Figura 12. Brotación vegetativa de plantas de *Z. lindleyana* Herb. A y B: Plantas de *Z. lindleyana*; C: Botón floral de *Z. lindleyana* Herb.

5.1.1.2 Crecimiento vegetativo

Se analizaron por estadísticos descriptivos univariados el número de hojas (NH) y longitud de las hojas (LH) para conocer la distribución de los datos y realizar su comparación. Más adelante se contrastaron los datos a través de diagramas de caja (Figura 13).

La Figura 13 permite observar una acumulación aparentemente homogénea en ambas variables entre los tratamientos ya que no existe una acumulación por encima de la media, la mayoría de las plantas obtuvieron un número de hojas en el rango de 2-6, aunque algunos tratamientos como el T02 y T06 obtuvieron números máximos de 8 hojas. Respecto a la variable de longitud de las hojas podemos observar una distribución más agrupada y menos dispersa, si bien no existe una diferencia estadísticamente significativa, existen tratamientos con mayor longitud (3 y 6 cm.) respecto al testigo, mismos tratamientos que contienen altos porcentajes de nitrógeno y bioestimulantes respectivamente.

Si bien la distribución de los datos en las variables LH y NH mostró acumulaciones relativamente iguales en los tratamientos, visualmente se distinguieron comportamientos muy diferentes entre sí.

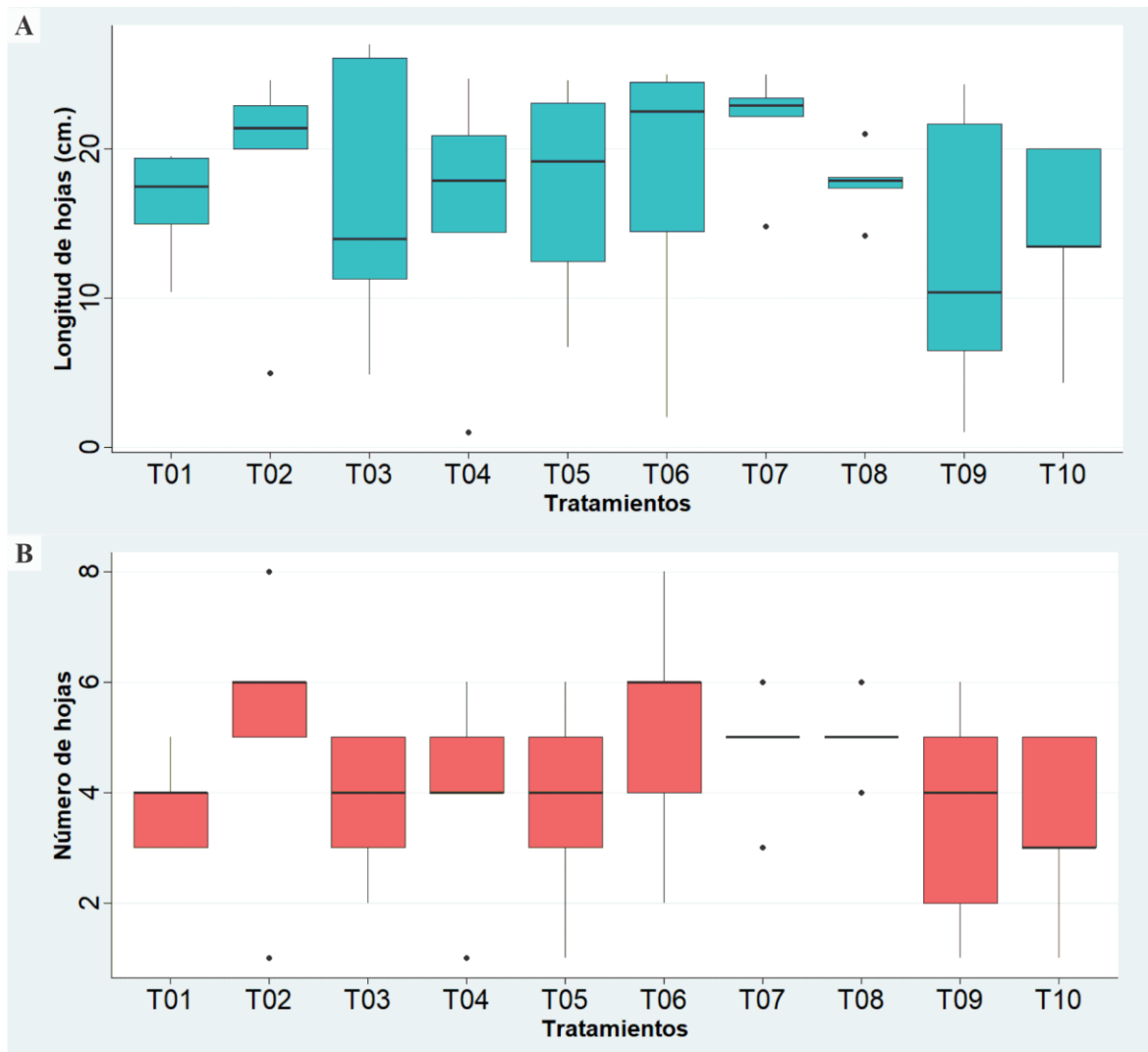


Figura 13. Distribución de los datos de variables de crecimiento por tratamiento. Parte Superior A: Longitud de hojas (LH), Parte inferior B: Número de las hojas (NH), T01: 60-50-40 kg ha⁻¹, T02: 80-60-50 kg ha⁻¹, T03: 100-80-60 kg ha⁻¹, T04: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Cream, T05: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Cream, T06: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Cream, T07: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Extra, T08: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra, T09: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Extra, T10: Testigo.

Los análisis descriptivos (Cuadro 3) evidencian el comportamiento de las plantas por tratamiento, por ejemplo, en los valores mínimos, podemos observar que algunos tratamientos obtuvieron valores de 1 cm. de altura mientras que otros superaron los 10 cm, en valores máximos esta

diferencia es evidenciada de la misma manera, pues estos valores corresponden a la mejor planta por cada tratamiento y que si bien todas las plantas superaron los 20 cm de alto, la influencia de ocho de los nueve tratamientos superaron a testigo, de los cuales las alturas más altas corresponden a tratamientos con dosis altas de nitrógeno con y sin bioestimulantes (T02:80-60-50 kg.ha⁻¹ y T06:100-80-60 kg.ha⁻¹+MC Cream). En los valores medios, los tratamientos muestran diferencia de manera cuantitativa, diferencia que puede ser apreciada de mejor manera con el tratamiento T07 (60-50-40 kg.ha⁻¹+MC Extra) pues supera por casi 10 cm. al testigo.

Cuadro 3. Estadísticos descriptivos de la variable longitud de las hojas (LH) de plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición.

Longitud de las hojas									
Trat	Min	Max	Mean	Median	Desv.Std	Coef.var	SE. mean	Norm.	Plant.
T01	10.4	19.5	16.36	17.5	3.8	0.2322980	1.6995880	0.2876	5
T02	5.0	24.6	18.78	21.4	7.8	0.4201949	3.5290792	0.0341	5
T03	4.9	27.0	16.6	14.0	9.61	0.5773954	11.9440719	0.4149	5
T04	1.0	24.7	15.78	17.9	9.09	0.5761464	4.0658824	0.4521	5
T05	6.7	24.6	17.22	19.2	7.51	0.4364180	3.3608630	0.5626	5
T06	2.0	25.0	17.70	22.5	9.73	0.5501589	4.3548823	0.1298	5
T07	14.8	25.0	21.66	22.9	3.97	0.1833284	1.7758378	0.0699	5
T08	14.2	21.0	17.72	17.9	2.42	0.1365758	1.0823123	0.6538	5
T09	1.0	24.3	12.78	10.4	9.95	0.7786959	4.4505505	0.5706	5
T10	4.3	20.0	14.24	13.5	6.45	0.4529522	2.8845450	0.2638	5

Trat: Tratamiento, Min: Mínimo, Max: Máximo, Mean Media, Median: Mediana, Desv.Std, Desviación estándar, SE.mean: Error estándar, Norm: Prueba de normalidad Shapiro Wilk ($\alpha=0.05$), Plant: Número de plantas brotadas, T01: 60-50-40 kg ha⁻¹, T02: 80-60-50 kg ha⁻¹, T03: 100-80-60 kg ha⁻¹, T04: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Cream, T05: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Cream, T06: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Cream, T07: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Extra, T08: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra, T09: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Extra, T10: Testigo.

Para la variable de número de hojas, se procedió de la misma manera y tras realizar los estadísticos descriptivos (Cuadro 4) los resultados fueron muy contrastantes, pues el desarrollo vegetativo no fue homogéneo entre los tratamientos, por ejemplo, los valores mínimos muestran evidencian que la formación hojas para algunos tratamientos fue afectado de manera importante, pues algunos tratamientos solo obtuvieron una hoja en alguna de las repeticiones, sin embargo al tratarse de una variable discreta, el mejor valor para representar diferencia alguna, de manera descriptiva es la

mediana. Valor en el cual los mejores tratamientos de manera cuantitativa fueron los tratamientos (T02 y T06) con un número de seis hojas y el menor valor fue el testigo.

Cuadro 4. Estadísticos descriptivos de la variable número de las hojas (NH) de plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición.

Número de hojas									
Trat	Min	Max	Mean	Median	Desv.Std	Coef.var	SE. mean	Norm.	Plant.
T01	3	5	3.8	4	0.8366600	0.2201737	0.3741657	0.3140	5
T02	1	8	5.2	6	2.5884358	0.4977761	1.1575837	0.3758	5
T03	2	5	3.8	4	1.3038405	0.3431159	0.5830952	0.4211	5
T04	1	6	4.0	4	1.8708287	0.4677072	0.8366600	0.4532	5
T05	1	6	3.8	4	1.9235384	0.5061943	0.8602325	0.9276	5
T06	2	8	5.2	6	2.2803510	0.438529	1.0198040	0.8140	5
T07	3	6	4.8	5	1.0954451	0.2282177	0.4898979	0.1350	5
T08	4	6	5.0	5	0.7071068	0.1414214	0.3162278	0.3254	5
T09	1	6	3.6	4	2.0736441	0.5760123	0.9273618	0.7540	5
T10	1	5	6.4	3	1.6733201	0.4921530	0.7483315	0.3140	5

Trat: Tratamiento, Min: Mínimo, Max: Máximo, Mean: Media, Median: Mediana, Desv.Std.: Desviación estándar, SE.mean: Error estándar, Norm: Prueba de normalidad Shapiro Wilk ($P \geq 0.05$), Plant: Número de plantas brotadas, T01: 60-50-40 kg ha⁻¹, T02: 80-60-50 kg ha⁻¹, T03: 100-80-60 kg ha⁻¹, T04: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Cream, T05: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Cream, T06: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Cream, T07: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Extra, T08: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra, T09: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Extra, T10: Testigo.

Una vez realizados los análisis descriptivos se comprobó la normalidad de los datos en ambas variables (LH y NH). Los resultados mostrados en la prueba de Shapiro-Wilk ($\alpha=0.05$) (Cuadros 7 y 8) evidenciaron que el comportamiento de los datos era normal para la variable número de hojas (NH), cumpliendo con las debidas pruebas de homogeneidad de las varianzas con la prueba Bartlett y se procedió a realizar un análisis de varianza y normalidad en el error de la independencia, todas ellas con ($\alpha=0.05$). En el caso de la variable longitud de las Hojas (LH), no se cumplieron los supuestos de normalidad, por lo que se procedió a realizar un análisis por la vía no paramétrica, realizando un análisis Kruskal-Wallis.

Los tratamientos T02 (80-60-50 kg ha⁻¹), T07 (60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Extra) y T08 (80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra) con altas dosis de nitrógeno y con bioestimulantes fueron quienes obtuvieron los

valores más altos, sin embargo, al realizar la prueba de comparación de medias de la diferencia mínima significativa honesta de Tukey se detectó que no existe diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$). En el número de hojas (NH) también se encontraron diferencias no significativas ($P \leq 0.05$), ya que la mayoría de los tratamientos indujeron las 4-6 hojas.

5.1.1.3 Comportamiento del crecimiento de *Z. lindleyana* Herb.

Si bien los análisis estadísticos anteriormente muestran que no existió diferencia significativa, el comportamiento de la variable de longitud (LH) durante el tiempo que se mantuvo el experimento, si muestran una conducta diferente entre los tratamientos. (Figura 14).

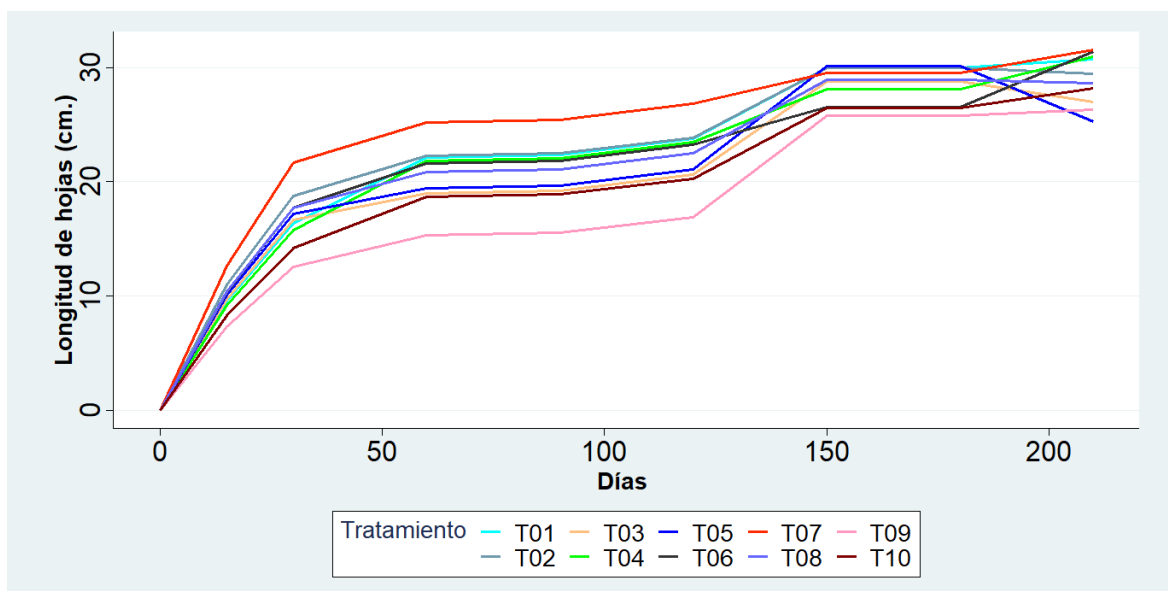


Figura 14. Curvas de crecimiento de plantas de *Z. lindleyana* Herb. por tratamiento. Año 2021. T01: 60-50-40 kg ha⁻¹, T02: 80-60-50 kg ha⁻¹, T03: 100-80-60 kg ha⁻¹, T04: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Cream, T05: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Cream, T06: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Cream, T07: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Extra, T08: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra, T09: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Extra, T10: Testigo.

Las curvas de crecimiento por tratamiento (Figura 14), exponen un crecimiento ascendente que llega a su máxima expresión en la fecha del 6 de junio de 2021 y que se mantiene hasta 21 de junio de 2021, punto de inflexión donde cuatro de los 10 tratamientos desciende, siendo el tratamiento

T05 (80-60-40 kg. ha⁻¹+MC Cream) el único en mostrar una disminución importante y, por el contrario, el resto de los tratamientos mostraron un crecimiento de manera menos acelerada. Si bien los datos muestran un crecimiento hasta el 7 de agosto de 2021, a partir de esta fecha en todas las plantas dio comienzo a la senescencia, mostrando un color amarillento en la punta y la pérdida de sus hojas, finalizando este proceso en un lapso de cuatro días . Los tratamientos T02 (80-60-50 kg.ha⁻¹) y 7 (60-50-40 kg.ha⁻¹+ MC Extra), mostraron curvas de crecimiento con mejor desempeño que el resto de los tratamientos, por otro lado, los tratamientos T09 (100-80-60 kg.ha⁻¹ +MC Extra) y testigo, fueron los que obtuvieron los valores más bajos en el crecimiento.

5.1.1.4 Floración

Durante la primera semana del mes de mayo, los tratamientos T01,T03 ,T05 y T08 (60-50-40 kg ha⁻¹ , 100-80-60 kg ha⁻¹, 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Cream y 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra) fueron los únicos en presentar inflorescencias. Que se comportaron de la misma manera en todos los tratamientos, en cada una de las repeticiones se produjo solo una flor solitaria de color magenta (Figura 15) en la misma tabla de colores de acuerdo a la paleta de colores RHS Large Colour Chart[®] (Sixt Revised Edition)(Cuadro 5).

Cuadro 5. Código de colores de acuerdo con la paleta RHS Large Colour Chart® (Sixt Revised Edition), de flores de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes dosis de nutrición y bioestimulantes.

Tratamiento	Código de color	Gamma RGB
T01	73B	239-145-191
T01	73A	223-107-173
T01	73A	223-107-173
T01	73B	239-145-191
T02	73D	247-204-227
T02	73A	223-107-173
T03	73D	247-204-227
T03	73D	247-204-227
T03	73A	223-107-173
T05	73D	247-204-227
T05	73B	239-145-191
T05	73B	239-145-191
T08	73D	247-204-227
T08	73D	247-204-227

RGB: Siglas en inglés de Red, Green, Blue, gama de colores primarios (Rojo, Verde y Azul), T01: 60-50-40 kg ha⁻¹, T02: 80-60-50 kg ha⁻¹, T03: 100-80-60 kg ha⁻¹, T05: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Cream, T08: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra.

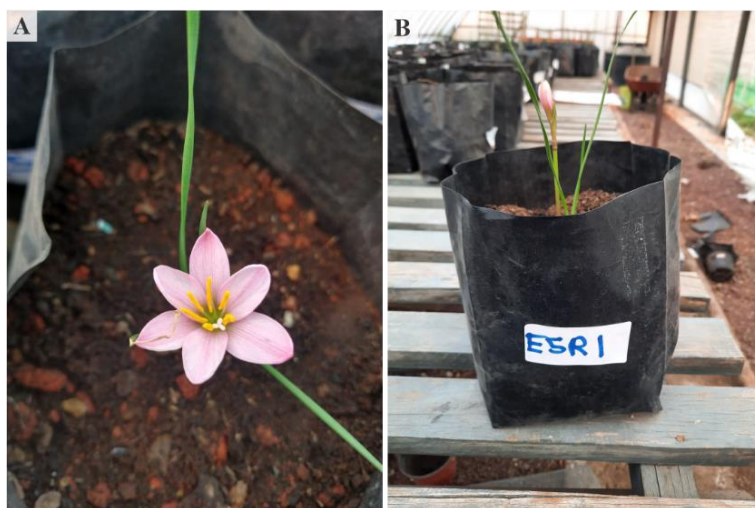


Figura 15. Expresión floral y morfología de *Zephyranthes lindleyana* Herb. A: inflorescencia, B: Planta de *Z. lindleyana* Herb.

Una de las variables de floración, fue la longitud del pedúnculo (LP), medida que indica la altura del tallo de la flor. El número de las flores en todos los tratamientos fue de solo una flor solitaria con las mismas características, y tras comprobar análisis de varianza y sus correspondientes pruebas de homogeneidad de las varianzas y normalidad en el error e independendencia, todas ellas

con ($\alpha=0.05$). No se distinguieron diferencias estadísticamente significativas ($P\leq 0.05$). En la Figura 16 se permite contrastar los tratamientos que, si obtuvieron flor con los que no, a pesar de que los análisis estadísticos no mostraron diferencias estadísticas, se puede observar cómo existe una dispersión de datos amplia en los tratamientos ya que no en todas las plantas se presentaron inflorescencias. De igual manera podemos ver que el tratamiento número 8 (80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra) fue el que se comportó de manera menos dispersa y con una media alrededor de los 7 cm. de longitud contrastante en comparación a tratamientos como el T05 (80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra).

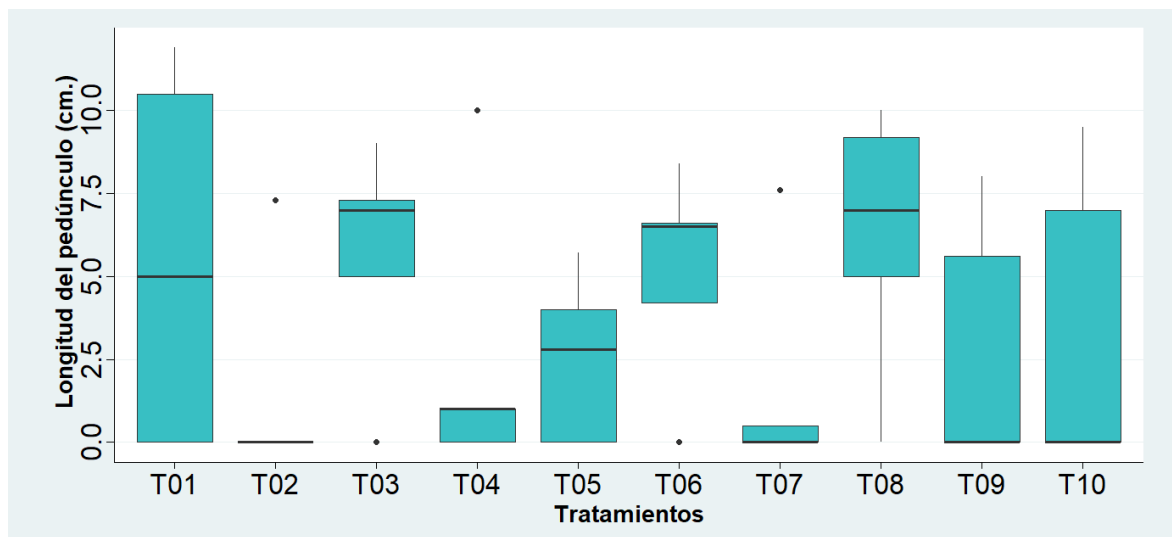


Figura 16. Distribución de los datos de longitud de pedúnculo (LP) por tratamiento. T01: 60-50-40 kg ha⁻¹, T02: 80-60-50 kg ha⁻¹, T03: 100-80-60 kg ha⁻¹, T04: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Cream, T05: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Cream, T06: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Cream, T07: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Extra, T08: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra, T09: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Extra, T10: Testigo.

5.1.1.5 Semillas

La producción de semillas en el experimento de nutrición no pudo ser cuantificada en todos los tratamientos debido a la falta inflorescencias, sin embargo, la producción si pudo contabilizarse en

los tratamientos T01, T02, T03, T05, T08 donde la formación de frutos y producción de semillas estuvo presente en las plantas de *Z. lindleyana* Herb (Figura 17).



Figura 17. *Zephyranthes lindleyana* Herb. A: Fruto B: Fruto abierto que expone las semillas en su interior.

Si bien en algunos tratamientos (T01) todas las repeticiones presentaron inflorescencias, no todas alcanzaron a producir semillas, debido a que el fruto no alcanzó la maduración o simplemente se desprendió antes de poder producir semilla (Figura 18).



Figura 18. Fruto de *Zephyranthes lindleyana* Herb. sin madurar, tratamiento T02 (80-60-50 kg ha⁻¹ sin bioestimulantes).

A pesar de que en el tratamiento T01, produjo una mayor cantidad de semillas a la de los demás tratamientos, tras comprobar análisis de varianza y sus correspondientes pruebas de homogeneidad de las varianzas y normalidad en el error de la independencia, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los valores del número de las semillas (NS) de los tratamientos T01, T02, T03, T05 y T08. Cabe resaltar que en todos los tratamientos que no se incluyó bioestimulante alguno hubo producción de semillas y la dosis que si produjo semillas con y sin bioestimulantes fue la dosis 80-60-50 kg.ha⁻¹ aunque dicha producción se vio afectada en su aplicación sin bioestimulante (T02). En el Cuadro 6, se puede observar que no todas las plantas de los correspondientes tratamientos produjeron semillas, e incluso en tratamientos como el 8, solo dos plantas fueron capaces de producir semillas. Asimismo, al contrastar el número máximo de cada tratamiento (a excepción del tratamiento 2) la producción de semillas superó las 30 unidades. Tomando en cuenta el número de plantas y la media se puede definir que de manera cualitativa el tratamiento con mayor producción de semillas correspondió la dosis más baja de N, P, K sin bioestimulante (T01: 60-50-40 kg ha⁻¹).

Cuadro 6. Estadísticos univariados descriptivos del número de semillas de plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb.

Número de semillas									
Trat	Min	Max	Mean	Median	Desv. Std	Coef.var	SE. mean	Norm.	Plant.
T01	0	34	20.2	20	12.696456	0.628537	5.6780278	0.49700	4
T02	0	16	6.20	0	8.497058	1.370493	3.8000000	0.01044	2
T03	0	42	16.2	11	18.417383	1.099538	7.8616550	0.33770	3
T05	0	42	16.0	15	17.592612	1.099538	7.8676550	0.43620	3
T08	0	53	16.6	0	24.141251	1.454292	10.796296	0.48520	2

Trat: Tratamiento, Min: Mínimo, Max: Máximo, Mean: Media, Median: Mediana, Desv.Std, Desviación estándar, SE.mean: Error estándar, Norm: Prueba de normalidad Shapiro Wilk ($P \geq 0.05$), Plant: Número de plantas con semillas, T01: 60-50-40 kg ha⁻¹, T02: 80-60-50 kg ha⁻¹, T03: 100-80-60 kg ha⁻¹, T04: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Cream, T05: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Cream, T08: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra.

5.1.1.6 Cuantificación de clorofila

A los datos obtenidos de la cuantificación de clorofila a y b se realizó un análisis de varianza y sus correspondientes pruebas de homogeneidad de las varianzas y normalidad en el error de la independencia, todas con una significancia ($\alpha=0.05$), estos análisis mostraron que la concentración de clorofila es igual entre los tratamientos de nutrición, si bien los tratamientos 4, 5 y 8 obtuvieron concentraciones altas de clorofila b los análisis mostraron que no existió diferencia estadística significativa en el contenido de clorofila a y b respecto al tratamiento testigo.

5.1.1.7 Estado nutrimental vegetal

Además de realizar los análisis para cuantificar el contenido nutrimental de las plantas, se tomó en cuenta la variable de peso seco. En los Cuadros 7 y 8 se muestran los resultados del análisis de comparación de medias Tukey, previo a este, se realizó un análisis de varianza y sus correspondientes pruebas de homogeneidad de las varianzas y normalidad en el error de la independencia, todas con una significancia ($\alpha=0.05$).

Cuadro 7. Concentración mineral de macronutrientes en plantas de *Z. lindleyana* Herb. bajo diferentes dosis de nutrición y bioestimulantes.

Trat	Peso S	N	P
T01	0.290 ± 0.10 a	2.45 ± 0.19 a	0.214 ± 0.06 bcd
T02	0.459 ± 0.18 a	2.73 ± 0.23 a	0.235 ± 0.05 abc
T03	0.287 ± 0.19 a	2.75 ± 0.18 a	0.251 ± 0.16 a
T04	0.438 ± 0.04 a	2.33 ± 0.05 a	0.216 ± 0.06 bcd
T05	0.394 ± 0.09 a	2.50 ± 0.04 a	0.210 ± 0.05 cd
T06	0.490 ± 0.15 a	2.71 ± 0.14 a	0.212 ± 0.11 bcd
T07	0.388 ± 0.09 a	2.48 ± 0.24 a	0.200 ± 0.10 d
T08	0.411 ± 0.08 a	2.64 ± 0.53 a	0.223 ± 0.09 bcd
T09	0.374 ± 0.50 a	2.90 ± 0.14 a	0.227 ± 0.07 abc
T10	0.216 ± 0.18 a	2.71 ± 0.72 a	0.238 ± 0.08 ab
Pr(>F)	0.304	0.552	4.5e-05
C. V.	36.54	11.96	7.423
DSM	0.379	0.924	0.0264

R²: coeficiente de determinación, DSM: de la prueba de la Diferencia Mínima Significativa. Peso S: Peso seco, N: Nitrógeno, B:Boro,Ca:Calcio, Fe: Hierro. Medias con letras diferentes indica diferencia estadísticamente significativa (Tukey P ≤ 0.05) C.V: Coeficiente de variación, T01: 60-50-40 kg ha⁻¹, T02: 80-60-50 kg ha⁻¹, T03: 100-80-60 kg ha⁻¹, T04: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Cream, T05: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Cream, T06: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Cream, T07: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Extra, T08: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra, T09: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Extra, T10: Testigo.

Cuadro 8. Concentración mineral de macronutrientes en plantas de *Z. lindleyana* Herb. bajo diferentes dosis de nutrición y bioestimulantes.

Trat	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹		
T01	1.84 ± 0.18 bc	0.93 ± 0.12 bc	0.401 ± 0.16 c
T02	2.08 ± 0.52 b	1.02 ± 1.19 abc	0.488 ± 0.14 ab
T03	1.78 ± 1.71 c	1.10 ± 0.39 ab	0.451 ± 0.42 bc
T04	1.82 ± 0.36 bc	1.02 ± 0.11 abc	0.452 ± 0.07 abc
T05	1.63 ± 0.27 c	1.17 ± 0.56 a	0.440 ± .144bc
T06	1.76 ± 0.22 c	1.03 ± 0.63 abc	0.428 ± 0.15 c
T07	1.90 ± 0.28 bc	0.95 ± 0.23 bc	0.417 ± 0.08 c
T08	1.61 ± 0.47 c	1.02 ± 1.07 abc	0.502 ± 0.03 a
T09	1.73 ± 0.55 c	1.15 ± 0.41 a	0.413 ± 0.52 c
T10	2.54 ± 2.66 a	0.89 ± 0.22 c	0.416 ± 0.101c
Pr(>F)	4.71 e-08	0.00025	6.91 e-06
C. V.	14.71	9.79	8.036
DSM	0.3059	0.1774	0.05118

R²: coeficiente de determinación, DSM: de la prueba de la Diferencia Mínima Significativa. Peso S: Peso seco, N: Nitrógeno, B:Boro,Ca:Calcio, Fe: Hierro. Medias con letras diferentes indica diferencia estadísticamente significativa (Tukey P ≤ 0.05) C.V: Coeficiente de variación, T01: 60-50-40 kg ha⁻¹, T02: 80-60-50 kg ha⁻¹, T03: 100-80-60 kg ha⁻¹, T04: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Cream, T05: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Cream, T06: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Cream, T07: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Extra, T08: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra, T09: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Extra, T10: Testigo.

De acuerdo con los datos expuestos (Cuadros 7 y 8) y , no se detectaron diferencias en el peso seco de las plantas de *Z. lindleyana* Herb. entre tratamientos, mismo resultado en el la concentración porcentual de nitrógeno.

En P, la mayor concentración mineral correspondió a T03 ($0.287 \pm 0.19 \text{ g kg}^{-1}$), el cual no tiene algún bioestimulante y el tratamiento con concentración más baja fue el T07 ($0.200 \pm 0.10 \text{ g kg}^{-1}$). Además, se puede observar que la concentración de K en los tratamientos con dosis altas de nitrógeno, fueron de los más bajos (tratamiento T03, T05, T06 ,T08 ,T09) ya que en comparación al testigo existió diferencia significativa, pues el tratamiento testigo fue el valor más alto en la concentración de este nutrimento ($2.54 \pm 2.66 \text{ g kg}^{-1}$). Si bien no se evidenció diferencia estadística significativa entre tratamientos en el contenido de K, el T03 ($100\text{-}80\text{-}60 \text{ kg ha}^{-1}$) mostró el valor más alto en contenido. Este mismo resultado no fue posible para los elementos Mg y Mn, pues el tratamiento testigo se ubicó entre los valores más bajos en su contenido ($4.51 \pm 0.422 \text{ g kg}^{-1}$ y $15.14 \pm 0.511 \text{ mg kg}^{-1}$). El tratamiento con los valores más altos en la concentración de Mg fue el T08 ($80\text{-}60\text{-}50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ + MC Extra 0.5 g/L), que corresponde a una dosis considerablemente elevada de nitrógeno.

Si existieron diferencias entre los tratamientos para los elementos boro (B), calcio (Ca) y hierro (Fe) (Cuadro 9). En el caso del B, las diferencias que se evidenciaron no son significativas entre los tratamientos, pues en todos los tratamientos comparten similitud estadística, aun así, los valores más altos de contenido de B (41.19 ± 1.59 y $41.56 \pm 2.52 \text{ mg kg}^{-1}$) fueron los tratamientos T01 ($60\text{-}50\text{-}40 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ sin bioestimulantes) y T10 (testigo). En los elementos Ca y Fe, el valor más alto lo obtuvo el tratamiento T06 con la dosis más alta de nitrógeno y un bioestimulante ($100\text{-}80\text{-}60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ + MC Cream 1 mL L⁻¹), aunque los análisis mostraron que comparten similitud estadística con los demás tratamientos. Cabe resaltar que, en la concentración de Ca, el tratamiento con valor

más bajo fue el correspondiente al tratamiento T10 (testigo), debido a que no hubo ningún aporte nutricional.

La concentración de Mn, de los tratamientos T05 y T06, fueron los que obtuvieron el mayor valor (85.17 ± 0.566 y 78.64 ± 7.11 mg kg⁻¹) ambos tratamientos no mostraron diferencia estadísticamente significativa entre sí, pero si la mostraron en comparación al resto de los tratamientos. Los valores del resto de tratamientos relativamente igual pues ninguno bajo de 2000 mg kg⁻¹. En Zn los tratamientos T04, T05 Y T06 resultaron con los valores más en concentración (38.44 ± 5.12 , 42.86 ± 0.804 y 42.64 ± 7.18 mg kg⁻¹), y fueron aquellos que recibieron aplicaciones del bioestimulante MC Cream (1 mL L⁻¹), estos tratamientos mostraron diferencia estadísticamente significativa con respecto a los demás tratamientos.

Cuadro 9. Concentración mineral de microelementos en plantas de *Z. lindleyana* Herb. bajo diferentes dosis de nutrición y bioestimulantes.

Trat	Fe	Mn	B	Zn
	mg kg ⁻¹			
T01	158.74 ± 44.51 ab	17.56 ± 1.90 c	41.19 ± 1.59 a	14.96 ± 1.49 bc
T02	152.97 ± 5.98 ab	19.75 ± 0.26 c	36.46 ± 2.71 ab	18.25 ± 4.089 bc
T03	96.85 ± 7.06 bc	22.12 ± 0.59 c	35.11 ± 5.60 abc	21.48 ± 4.41 bc
T04	94.81 ± 13.06 bc	69.99 ± 2.62 b	36.70 ± 2.75 ab	38.44 ± 5.12 a
T05	172.80 ± 6.70 a	85.17 ± 0.57 a	31.72 ± 0.50 bc	42.86 ± 0.804 a
T06	145.57 ± 60.69 abc	78.64 ± 7.11 a	38.68 ± 1.98 ab	42.64 ± 7.18 a
T07	73.88 ± 6.11 c	15.16 ± 0.42 c	27.68 ± 1.43 c	13.63 ± 1.05 c
T08	132.45 ± 21.48 abc	19.78 ± 0.12 c	36.46 ± 2.67 ab	18.87 ± 5.01 bc
T09	124.06 ± 11.02 abc	17.91 ± 0.46 c	37.54 ± 4.16 ab	18.87 ± 5.19 bc
T10	118.06 ± 7.28 abc	15.14 ± 0.51 c	41.56 ± 2.52 a	29.99 ± 10.87 ab
Pr(>F)	0.00239	2 e-16	0.000414	9.34e-07
C. V.	29.35	78.07	12.91	45.96
DSM	74.505	7.228	8.482	5.007

R²: coeficiente de determinación, DSM: de la prueba de la Diferencia Mínima Significativa. Peso S: Peso seco, N: Nitrógeno, B:Boro,Ca:Calcio, Fe: Hierro. Medias con letras diferentes indica diferencia estadísticamente significativa (Tukey P ≤ 0.05) C.V: Coeficiente de variación, DL: Dosis optima de *Lilium grandiflora* reportado por Jones *et al.*, (1991), T01: 60-50-40 kg ha⁻¹, T02: 80-60-50 kg ha⁻¹, T03: 100-80-60 kg ha⁻¹, T04: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Cream, T05: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Cream, T06: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Cream, T07: 60-50-40 kg ha⁻¹ + MC Extra, T08: 80-60-50 kg ha⁻¹ + MC Extra, T09: 100-80-60 kg ha⁻¹ + MC Extra, T10: Testigo.

5.1.2 Segunda fase experimental

La segunda fase experimental se realizó durante el año 2022, y comprendió un total de ocho meses; enero a agosto. El fin del estudio se determinó por la fisiología del cultivo, y por el tiempo límite destinado al estudio. Que fue en el mes de agosto, fecha en el que las plantas mostraron un desarrollo óptimo para su evaluación.

5.1.2.1 Porcentaje de brotación y floración

En todos los tratamientos la brotación vegetativa dio inicios en la primera semana de mayo, y fue de un 100% a excepción de los tratamientos T04, T10 y T15 (100-50-50 kg ha⁻¹+MC Extra cada 15 días, 120-60-60 kg ha⁻¹,160-80-80 kg ha⁻¹) en los que la brotación fue de un 75%. El único de los tratamientos que presentó inflorescencias en una sola de sus repeticiones fue el tratamiento T12 (160-80-80 kg ha⁻¹) (Figura 19).

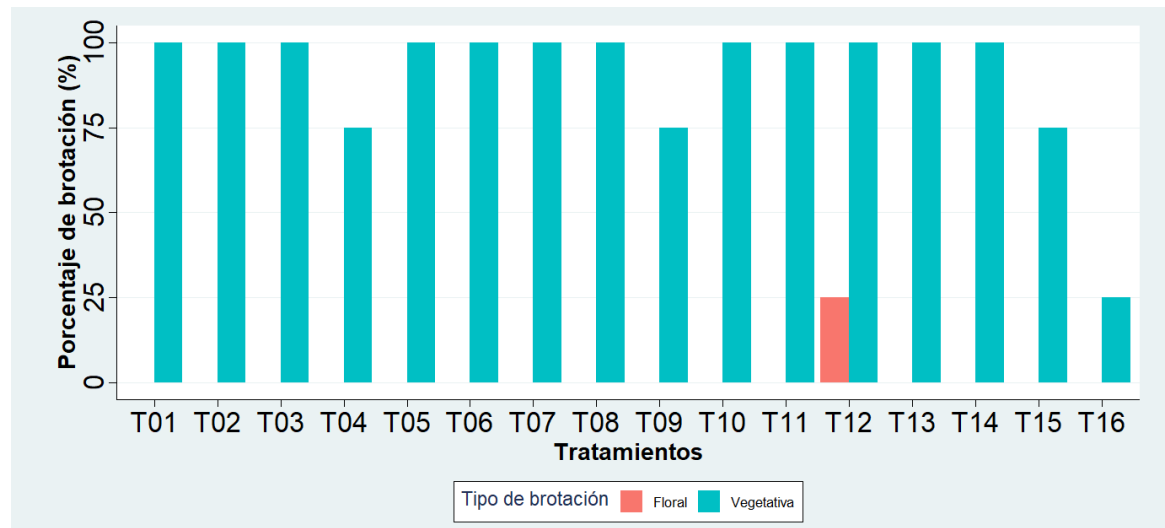


Figura 19. Porcentaje de brotación de diferentes dosis de N-P-K, bioestimulantes y frecuencia de aplicación de bioestimulantes. T01: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T02: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T03: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T04: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T05: 100-50-50 kg ha⁻¹, T06: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T07: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T08: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T09: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T10: 120-60-60 kg ha⁻¹, T11: 160-80-80 kg ha⁻¹, T12: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T12: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T13: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T14: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T15: 160-80-80 kg ha⁻¹, T16: Testigo.

5.1.2.2 Crecimiento vegetativo

Con el fin de conocer la distribución y realizar la comparación del comportamiento de los datos se realizaron diagramas de cajas. (Figura 20). Se observa que la mayoría de los tratamientos presenta una acumulación muy cercana entre los datos, lo que indica que no existe mucha dispersión en los datos. Para la variable longitud, se puede observar que el tratamiento T02 la mayoría de los datos superan los 30 cm., mientras que los tratamientos T04 y T15 la acumulación es más dispersa con datos entre 0 a 35 cm.

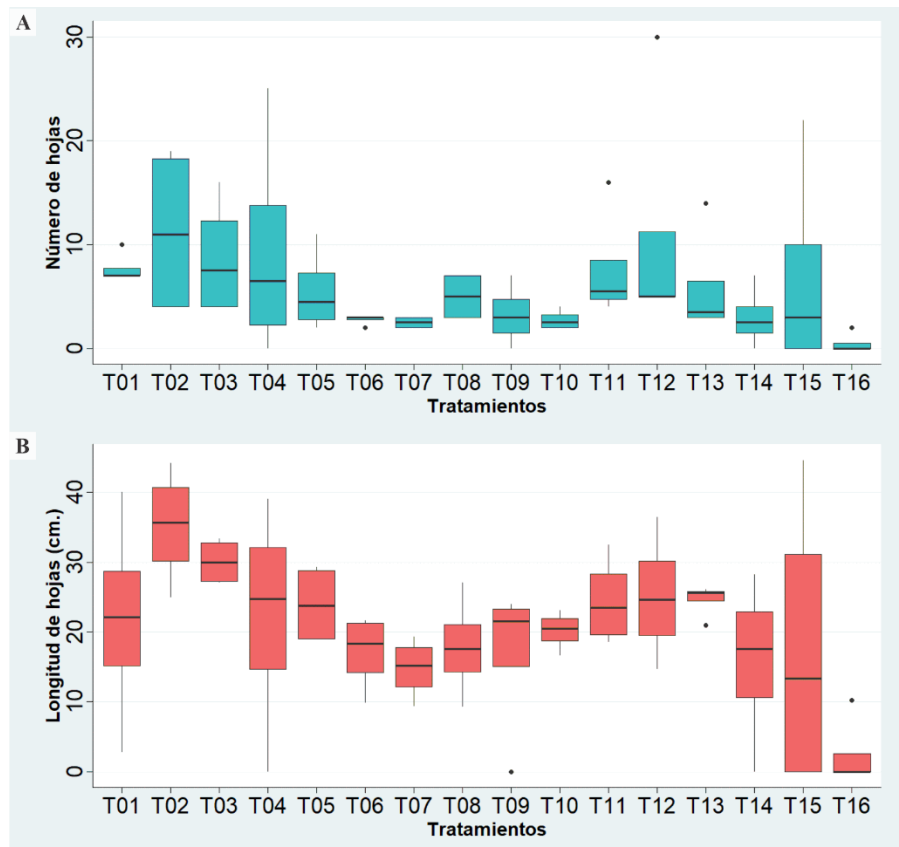


Figura 20. Distribución de los datos de variables de crecimiento por tratamiento. Parte Superior A: Numero de las hojas (NH). Parte Inferior B: Longitud de hojas (LH) , T01: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T02: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T03: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T04: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T05: 100-50-50 kg ha⁻¹, T06: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T07: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T08: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T09: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T10: 120-60-60 kg ha⁻¹, T11: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T12: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T13: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T14: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T15: 160-80-80 kg ha⁻¹, T16: Testigo.

En la variable número de hojas el comportamiento de los datos es el mismo, el tratamiento 2 si bien presenta dispersión de datos amplia, los datos son mayores al resto de los tratamientos (entre 8 a 20 hojas) , con excepción de los tratamientos T01, T02 y T04 cuya dispersión es similar.

Los análisis descriptivos de altura de hoja (Cuadro 10) permiten identificar que hay cuatro tratamientos con plantas que no presentaron crecimiento. Los que, si la hicieron su valor mínimo fue de 10 cm. Cuantitativamente el mejor tratamiento fue el dos (100-50-50+ MC Cream cada 15 días), con un valor mínimo de 27 cm. y un máximo de 44 cm. Todos los tratamientos alcanzaron un desarrollo superior de longitud al testigo, en donde incluso solo una de las repeticiones pudo crecer de manera adecuada. Si bien no existe diferencia estadística significativa el número máximo muestra el mejor ejemplar por tratamiento, podemos encontrar valores por encima de los 40 cm. (T02 y T15).

Cuadro 10. Estadísticos descriptivos de la variable longitud de las hojas (LH) de plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición.

Longitud de las hojas									
Trat	Min	Max	Mean	Median	Desv.Std	Coef.var	SE. mean	Norm.	Plant
T01	22.2	55.0	33.07	27.55	15.19	0.4594646	7.5983962	0.1521	4
T02	27.2	44.1	36.82	38.00	7.34	0.1994572	3.6725048	0.7933	4
T03	26.5	37.4	31.32	30.70	4.76	0.1521951	2.3837558	0.8274	4
T04	0	30.6	16.62	17.95	13.34	0.8029625	6.6746255	0.8787	3
T05	16.5	31.4	23.90	23.85	6.77	0.2834297	3.3869849	0.7356	4
T06	12.2	21.2	17.97	19.25	4.26	0.2373540	2.1332190	0.2437	4
T07	10.5	21.3	16.20	16.50	4.52	0.2796235	2.2649503	0.9760	4
T08	12.5	28.0	19.10	17.95	6.76	0.3543488	3.3840311	0.7598	4
T09	0	22.6	16.30	21.30	10.88	0.6677447	5.4421197	0.0070	3
T10	14.2	24.6	20.32	21.25	4.95	0.2439397	2.4790371	0.3772	4
T11	19.2	33.2	24.90	23.60	6.60	0.2650602	3.3000000	0.4103	4
T12	17.1	37.3	28.95	30.70	9.68	0.3344545	4.8412292	0.3615	4
T13	23.1	26.0	25.15	25.75	1.38	0.0551428	0.6934214	0.0363	4
T14	0	29.5	17.35	19.95	12.53	0.7225024	6.2677082	0.6215	3
T15	0	47.3	18.87	14.10	23.14	1.2263760	11.573920	0.2631	2
T16	0	10.2	2.04	0	4.561579	2.2360680	2.0400000	0.0001	1

Trat: Tratamiento, Min: Mínimo, Max: Máximo, Mean: Media, Median: Mediana, Var: Varianza, Desv.Std, Desviación estándar, SE.mean: Error estándar, Norm: Normalidad Shapiro Wilk ($\alpha=0.05$), Plant: Numero de plantas brotadas, T01: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T02: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T03: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T04: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T05: 100-50-50 kg ha⁻¹, T06: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T07: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T08: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T09: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T10: 120-60-60 kg ha⁻¹, T11: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T12: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T13: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T14: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T15: 160-80-80 kg ha⁻¹, T16: Testigo.

Para la variable número de hojas (Cuadro 11), el comportamiento fue similar con los tratamientos que no desarrollaron crecimiento en alguna de sus repeticiones. De acuerdo a los números máximos, el tratamiento con la mejor planta en función de la producción vegetativa fue el tratamiento T12 (160-80-80 kg ha⁻¹+ MC Cream cada 15 días) con un total de 29 hojas seguido por el tratamiento 15 (160-80-80 kg ha⁻¹) con 28 hojas y el tratamiento número 4 (100-50-50 kg ha⁻¹+ MC Extra cada 15 días) con 24 hojas, los valores más bajos en números máximos correspondieron a los tratamientos testigo (dos hojas), T06 (120-60-60 kg ha⁻¹+ MC Cream cada 7 días), T07 (120-60-60 kg ha⁻¹+MC Cream cada 15 días) y T10 (120-60-60 kg ha⁻¹)(con cuatro hojas cada uno).

Cuadro 11. Estadísticos descriptivos de la variable número de las hojas (NH) de plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición.

Número de hojas									
Trat	Min	Max	Mean	Median	Desv.Std.	Coef.var	SE. mean	Norm.	Plant
T01	5	9	7.25	7.5	1.70	0.2355621	0.8539126	0.850	4
T02	4	21	12.25	12.0	8.99	0.7343159	4.4976846	0.119	4
T03	3	16	8.00	6.5	5.94	0.7430231	2.9720924	0.430	4
T04	0	24	8.50	5.0	10.72	1.2616240	5.3619030	0.237	3
T05	3	12	6.00	4.5	4.08	0.6804138	2.0412415	0.115	4
T06	2	4	3.25	3.5	0.95	0.2945930	0.4787136	0.272	4
T07	2	4	2.75	2.5	0.95	0.3481553	0.4787136	0.272	4
T08	2	12	6.00	5.0	4.32	0.7200823	2.1602469	0.577	4
T09	0	8	3.75	3.5	3.50	0.9333333	1.7500000	0.894	3
T10	2	4	3.25	3.5	0.95	0.2945930	0.4787136	0.272	4
T11	4	6	5.00	5.0	0.81	0.1632993	0.4082483	0.683	4
T12	4	29	10.75	5.0	12.20	1.1351760	6.1015710	0.008	4
T13	3	12	5.75	4.0	4.27	0.7429568	2.1360009	0.065	4
T14	0	7	3.25	3.0	8.87	0.8837789	1.4361407	0.625	3
T15	0	28	9.00	4.0	13.21	1.4684610	6.6080760	0.117	2
T16	0	2	0.40	0	0.8944272	2.2360680	0.4000000	0.0001	1

Trat: Tratamiento, Min: Mínimo, Max: Máximo, Mean Media, Median: Mediana, Var: Varianza, Desv.Std., Desviación estándar, SE.mean: Error estándar, Norm: Normalidad Shapiro Wilk ($\alpha=0.05$), Plant: Numero de plantas brotadas, T01: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T02: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T03: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T04: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T05: 100-50-50 kg ha⁻¹, T06: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T07: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T08: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T09: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T10: 120-60-60 kg ha⁻¹, T11: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T12: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T13: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T14: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T15: 160-80-80 kg ha⁻¹, T16: Testigo.

A pesar de que los estadísticos descriptivos y de manera cualitativa, las variables LH y NH son aparentemente diferentes, una vez comprobados los supuestos de normalidad (Shapiro Wilk) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Bartlett se procedió a realizar un análisis de varianza y una comparación de medias Tukey (Cuadro 12) todas ellas con ($\alpha=0.05$).

Cuadro 12. Variables de crecimiento (longitud y número de hojas) de plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición y bioestimulantes.

Trat	Número de Hojas	Longitud de las hojas (cm)
T01	7.25 ± 0.85 a	33.07 ± 7.59 a
T02	12.25 ± 4.49 a	36.82 ± 3.67 a
T03	8.00 ± 2.97 a	31.32 ± 2.38 a
T04	8.50 ± 5.36 a	16.62 ± 6.67 ab
T05	6.00 ± 2.04 a	23.90 ± 3.38 ab
T06	3.25 ± 0.47 a	17.97 ± 2.13 ab
T07	2.75 ± 0.47 a	16.20 ± 2.26 ab
T08	6.00 ± 2.16 a	19.10 ± 3.38 ab
T09	3.75 ± 1.75 a	16.30 ± 5.44 ab
T10	3.25 ± 0.47 a	20.35 ± 2.47 ab
T11	5.00 ± 0.40 a	24.90 ± 3.30 ab
T12	10.75 ± 6.10 a	28.95 ± 4.84 ab
T13	5.75 ± 2.13 a	25.15 ± 0.69 ab
T14	3.25 ± 1.43 a	17.35 ± 6.26 ab
T15	9.00 ± 6.60 a	18.87 ± 11.57 ab
T16	0.40 ± 0.40 a	2.04 ± 2.04 b
Pr(>F)	0.381	0.001463
C. V.	107.7	48.2
DSM	15.97	26.41

Trat: Tratamiento DSM: de la prueba de la Diferencia Mínima Significativa. N: Nitrógeno, B:Boro,Ca:Calcio, Fe: Hierro. Medias con letras diferentes indica diferencia estadísticamente significativa (Tukey $P \leq 0.05$), T01: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T02: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T03: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T04: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T05: 100-50-50 kg ha⁻¹, T06: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T07: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T08: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T09: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T10: 120-60-60 kg ha⁻¹, T11: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T12: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T13: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T14: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T15: 160-80-80 kg ha⁻¹, T16: Testigo.

Los análisis demostraron que para el número de las hojas no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, sin embargo, en la variable longitud si se formaron grupos que indican diferencia. Los valores medios más altos fueron los tratamientos T01, T02 y T03 (100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días) siendo el tratamiento con la media más alta el tratamiento T02 (100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días) con una altura promedio de 31.32 ± 2.38 cm. En ambas

variables todos los tratamientos fueron mayores al testigo que fue el tratamiento con los valores más bajos. Si bien no existe diferencia estadística significativa, de manera cualitativa la diferencia es evidente entre algunas plantas como los tratamientos por encima de 30 cm. de altura y plantas de 16 cm.

5.1.2.3 Comportamiento fisiológico de *Z. lindleyana* Herb.

Las curvas de crecimiento (Figura 21), muestran una influencia positiva de los tratamientos, pues todos fueron superiores en crecimiento en contraste con el testigo; sin embargo, en algunos tratamientos se vio el crecimiento se vio inhibido, debido a que algunas de las hojas se marchitaban, causando que al promediar este valor en cada fecha el valor disminuyera de manera significativa (T15), aun así este comportamiento no se presentó en todos los tratamientos pues algunos mantuvieron u crecimiento de manea constante, entre ellos el tratamiento 2, cuyo crecimiento fue gradual y positivo, este es el mismo caso del tratamiento 3, donde el crecimiento al paso del tiempo fue menor pero muy cercano al tratamiento T01.

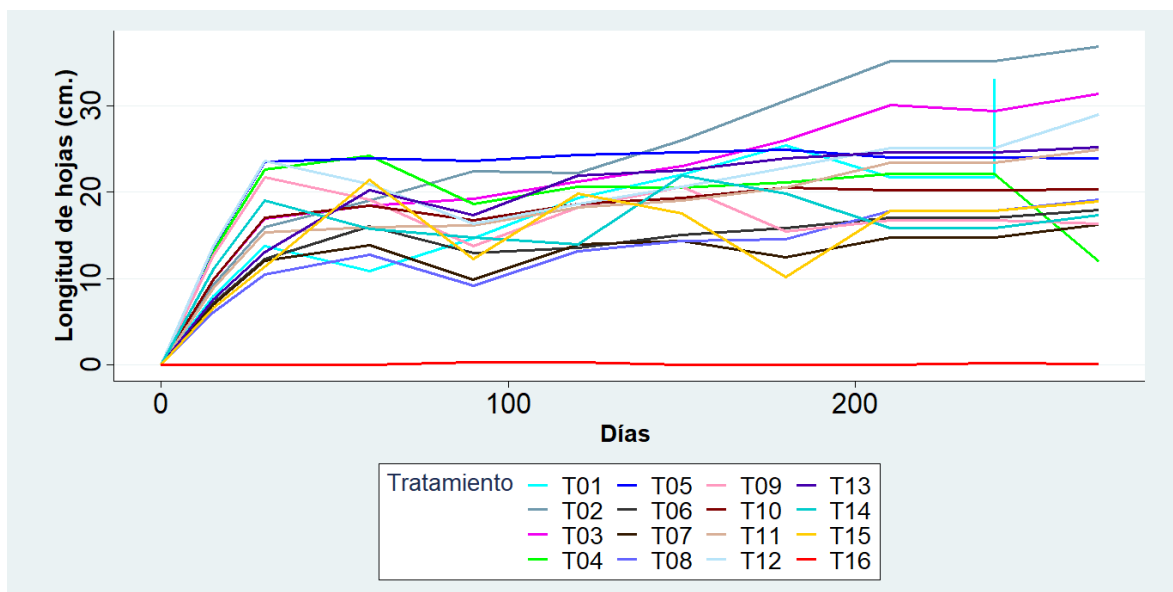


Figura 21. Curvas de crecimiento de plantas de *Z. lindleyana* Herb. por tratamiento. Año 2022. T01: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T02: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T03: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T04: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T05: 100-50-50 kg ha⁻¹, T06: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T07: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T08: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T09: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T10: 120-60-60 kg ha⁻¹, T11: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T12: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T13: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T14: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T15: 160-80-80 kg ha⁻¹, T16: Testigo.

5.1.2.4 Floración

El efecto de los tratamientos en la formación de inflorescencias fue nulo en la mayoría de las plantas del experimento, y solo una repetición del tratamiento T12 (160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días) fue capaz de formar inflorescencias.

5.1.2.5 Producción de bulbos

En los Cuadros 13 y 14, se puede distinguir los estadísticos descriptivos univariados del número y grosor de Bulbo, aunque no se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos, la producción de bulbos en todos los tratamientos con dosis de fertilización fue de uno o dos bulbos por planta, cabe resaltar que la unidad experimental solo fue de un bulbo por maceta. El número máximo más alto en los tratamientos correspondió al T04 (100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada

7días) con 6 bulbos y donde se pudo observar una inducción a la producción de bulbos superior a los demás tratamientos.

Cuadro 13. Estadísticos univariados descriptivos de variables de número de bulbos en plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición y bioestimulantes.

Número de bulbos								
Trat	Min	Max	Mean	Median	Desv. Std	Coef.var	SE. mean	Plant
T01	1	4	2.5	2.5	1.2909944	0.51640	0.65	4
T02	1	3	2.0	2.0	1.1547005	0.40000	0.25	4
T03	1	2	1.3	1.0	0.500000	0.40000	0.25	4
T04	0	6	2.0	1.0	2.708013	1.35400	0.5	3
T05	1	1	1.0	1.0	0	0	0	4
T06	1	1	1.0	1.0	0	0	0	4
T07	1	1	1.0	1.0	0	0	0	4
T08	1	2	1.3	1.0	0.500000	0.40000	0.25	4
T09	0	1	0.8	1.0	0.500000	0.66667	0.25	3
T10	1	1	1.0	1.0	0	0	0	4
T11	1	1	1.0	1.0	0	0	0	4
T12	1	7	2.5	1.0	3.0	1.2	1.50	4
T13	1	2	1.5	1.5	0.5773503	0.38490	0.29	4
T14	0	2	1.0	1.0	0.8164966	0.81649	0.41	3
T15	0	3	1.0	0.5	1.4142136	1.41421	0.71	2
T16	0	1	0.2	0	0.4472136	2.23606	0.20	1

Trat: Tratamiento, Min: Mínimo, Max: Máximo, Mean Media, Median: Mediana, Var: Varianza, Desv. Std: Desviación estándar, SE.mean: Error estándar, Norm: Normalidad Shapiro Wilk ($\alpha=0.05$), Plant: Número de plantas brotadas, T01: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T02: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T03: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T04: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T05: 100-50-50 kg ha⁻¹, T06: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T07: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T08: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T09: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T10: 120-60-60 kg ha⁻¹, T11: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T12: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T13: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T14: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T15: 160-80-80 kg ha⁻¹, T16: Testigo.

Al realizar el conteo de bulbos, se identificaron problemas de pudrición (Figura 22) repercutiendo en un problema letal para la sobrevivencia de las plantas. Se descartaron problemas de exceso de riego dado que todos los tratamientos fueron regados con la misma cantidad de agua, por lo que estos problemas pueden ser atribuidos a la radiación que se aplicó a los bulbos.



Figura 22. Bulbo de *Z. lindleyana* Herb. con pudrición.

Respecto al grosor de los bulbos, se encontró que, si existió diferencia (aunque no significativa) para este valor, ubicando en el grupo más alto los tratamientos que obtuvieron valores entre 14-16 mm. Los tratamientos con mejor desempeño, fueron T12, T08 y T05 (160-80-80 kg ha⁻¹+MC Cream cada 15 días, 120-60-60kg ha⁻¹+MC Extra cada 7 días y 100-50-50 kg ha⁻¹) (Cuadro 13).

Cuadro 14. Estadísticos univariados descriptivos del grosor de bulbos (mm.) en plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes tratamientos de nutrición y bioestimulantes.

Grosor de bulbos (cm)								
Trat	Min	Max	Mean	Median	Desv. Std.	Coef.var	SE. mean	Plant
T01	8.42	13.58	9.98	8.95	2.43	0.6348075	1.22	4
T02	1.17	11.43	7.00	7.82	4.48	0.6348075	2.50	4
T03	9.60	21.05	14.90	14.48	5.00	0.3335704	2.50	4
T04	0	22.30	11.95	12.73	9.16	0.7670280	4.58	3
T05	12.6	17.13	15.00	15.27	2.04	0.1359479	1.02	4
T06	8.00	11.43	9.32	8.92	1.58	0.1689714	0.79	4
T07	8.30	11.47	9.81	9.74	1.43	0.1365473	3.64	4
T08	9.52	18.64	15.03	15.98	4.33	0.2886840	2.17	4
T09	0	17.19	10.25	11.91	7.28	0.7107021	3.64	3
T10	8	12.34	10.45	10.70	2.14	0.2044418	1.07	4
T11	11.30	17.23	14.78	15.28	2.60	0.1764762	1.30	4
T12	13.10	22.60	15.95	14.00	4.48	0.2808310	2.24	4
T13	12.00	19.17	15.45	15.30	3.81	0.2469062	1.90	4
T14	0	16.69	9.88	11.41	7.19	0.7282091	3.59	3
T15	0	21.15	1.13	9.68	11.71	1.1569270	5.86	2
T16	0	0.350	0.07	0	0.156	2.2360680	0.07	1

Trat: Tratamiento, Min: Mínimo, Max: Máximo, Mean Media, Median: Mediana, Var: Varianza, Desv. Std.: Desviación estándar, SE.mean: Error estándar, Norm: Normalidad Shapiro Wilk ($\alpha=0.05$), Plant: Numero de plantas brotada, T01: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T02: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T03: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T04: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T05: 100-50-50 kg ha⁻¹, T06: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T07: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T08: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T09: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T10: 120-60-60 kg ha⁻¹, T11: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T12: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T13: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T14: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T15: 160-80-80 kg ha⁻¹, T16: Testigo.

5.1.1.6 Estado nutrimental vegetal

En los Cuadros 15 y 16 se muestran los resultados del análisis de comparación de medias Tukey, previo a este, se realizó un análisis de varianza y sus correspondientes pruebas de homogeneidad de las varianzas y normalidad en el error de la independencia, todas con una significancia ($\alpha=0.05$).

Cuadro 15. Concentración mineral de macroelementos en plantas de *Z. lindleyana* Herb. bajo diferentes dosis de nutrición y bioestimulantes.

Trat	N	P	K	Ca	Mg
g kg ⁻¹					
T01	4.27 ± 0.05 h	1.1 ± 0.0 f	0.68 ± 0.0 k	0.98 ± 0.0 l	0.35 ± 0.0 f
T02	4.37 ± 0.05 h	1.22 ± 0.05 e	0.99 ± 0.0 i	0.98 ± 0.0 l	0.35 ± 0.0 f
T03	5.15 ± 0.06 f	1.35 ± 0.05 cd	1.12 ± 0.0 e	1.23 ± 0.0 g	0.36 ± 0.0 d
T04	5.47 ± 0.05 e	1.47 ± 0.05 bcd	1.20 ± 0.0 d	1.27 ± 0.0 f	0.36 ± 0.0 d
T05	3.10 ± 0.0 j	1.30 ± 0.0 d	1.20 ± 0.0 j	0.75 ± 0.0 m	0.35 ± 0.0 f
T06	4.70 ± 0.0 g	1.30 ± 0.0 d	0.98 ± 0.0 g	1.33 ± 0.0 d	0.35 ± 0.0 f
T07	4.80 ± 0.24 g	1.40 ± 0.0 c	1.10 ± 0.0 g	1.31 ± 0.0 e	0.35 ± 0.005 e
T08	5.65 ± 0.56 e	1.40 ± 0.0 c	1.10 ± 0.0 c	1.33 ± 0.0 d	0.36 ± 0.0 a
T09	6.00 ± 0.0 d	1.50 ± 0.0 b	1.40 ± 0.0 b	1.37 ± 0.0 b	0.37 ± 0.0 c
T10	3.87 ± 0.05 i	1.30 ± 0.0 ab	1.70 ± 0.0 h	1.00 ± 0.0 k	0.35 ± 0.0f
T11	6.17 ± 0.05 d	1.30 ± 0.0 d	1.00 ± 0.0 h	1.18 ± 0.0 i	0.37 ± 0.0 c
T12	6.45 ± 0.05 c	1.30 ± 0.0 d	1.00 ± 0.0 h	1.19 ± 0.0 h	0.37 ± 0.0 c
T13	6.70 ± 0.20 b	1.50 ± 0.0 b	1.70 ± 0.0 b	1.35 ± 0.0 c	0.39 ± 0.0 b
T14	7.00 ± 0.20 a	1.60 ± 0.0 b	1.90 ± 0.0 a	1.38 ± 0.0 a	0.40 ± 0.0 a
T15	5.63 ± 0.05 e	1.40 ± 0.0 c	1.11 ± 0.0 f	1.10 ± 0.0 j	0.36 ± 0.005 d
Pr(>F)	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16
C. V.	20.42	9.055	27.02	15.26	4.07
DSM	0.2112	0.0597	2.934e-15	3.849e-15	0.0049

R²: coeficiente de determinación, DSM: de la prueba de la Diferencia Mínima Significativa. Peso S: Peso seco, N: Nitrógeno, B:Boro,Ca:Calcio, Fe: Hierro. Medias con letras diferentes indica diferencia estadísticamente significativa (Tukey P ≤ 0.05) C.V: Coeficiente de variación, T01: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T02: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T03: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T04: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T05: 100-50-50 kg ha⁻¹, T06: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T07: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T08: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T09: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T10: 120-60-60 kg ha⁻¹, T11: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T12: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T13: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T14: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T15: 160-80-80 kg ha⁻¹.

En el Cuadro 15 se muestran resultados en la concentración de macronutrientes. Podemos observar que dichos resultados indican una alta concentración de nitrógeno en donde el tratamiento con mayor concentración es el T14 (160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días), seguido del T13 (160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días), ambos tratamientos con el bioestimulante MC Extra y con la dosis más alta de nutrición, el tratamiento con concentración más baja fue el T10.

En P y K nuevamente el tratamiento T14, fue el que tuvo la concentración más alta (1.60 ± 0.0 kg ha⁻¹) de todos los tratamientos y en este caso el tratamiento T01 fue el que obtuvo menor

concentración (100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días), si bien para el Ca y Mg el desempeño de los tratamientos se comportó de la misma manera que P y K, las concentraciones fueron muy similares, el tratamiento con mayor concentración para Ca fue el T14 (160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días) y el menor fue el T05 (100-50-50 kg ha⁻¹). Por último, en Mg nuevamente el tratamiento T14(160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días) fue el que tuvo la mayor concentración de este elemento (0.40 ± 0.0 kg ha⁻¹).

En el cuadro siguiente (Cuadro 16) se muestran los resultados de los microelementos de cada tratamiento, para Fe, la mayoría de los tratamientos supero los 100 mg kg⁻¹ a excepción de algunos tratamientos con concentraciones de 89.00 (T05: 100-50-50 kg ha⁻¹) y 91.50 mg kg⁻¹ (T10: 120-60-60 kg ha⁻¹), ambos tratamientos sin bioestimulantes. En Fe el tratamiento con mayor concentración fue el T14 (160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días) y T15 (T15: 160-80-80 kg ha⁻¹). En Mn el tratamiento con mayor concentración (120 mg kg⁻¹) fue el T12 (160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días) y el de menor concentración el T05 (100-50-50 kg ha⁻¹).

En los micronutrientes B y Zn el tratamiento para ambos el tratamiento con mayor concentración fue el T14 (160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días), el menor para B (24.00 mg kg⁻¹) el T10 (120-60-60 kg ha⁻¹) y T05 (100-50-50 kg ha⁻¹) para Zn (70 mg kg⁻¹). Por último, en Cu el tratamiento con mayor concentración (120 mg kg⁻¹) correspondió nuevamente al T14 y al igual que en B, fue el tratamiento T10 el que presento menor concentración (30 mg kg⁻¹) de Cu.

El T14 fue el que obtuvo mayor concentración mineral, al igual que el T13. Ambos tratamientos con adición de MC Extra. El T05 y T10 fueron los que obtuvieron frecuentemente los valores más bajos, ambos sin la adición de algún bioestimulante.

Cuadro 16. Concentración mineral de microelementos en plantas de *Z. lindleyana* Herb. bajo diferentes dosis de nutrición y bioestimulantes.

Trat	Fe	Mn	B	Zn	Cu
mg kg ⁻¹					
T01	110.0 ± 0.0 de	70 ± 0.0 f	79 ± 0.0 h	120 ± 0.0 ef	50 ± 0.0 g
T02	110.0 ± 0.0 de	80 ± 0.0 e	83 ± 0.0 g	140 ± 0.0 e	50 ± 0.0 g
T03	120.0 ± 0.0 def	40 ± 0.0 g	47 ± 0.0 k	100 ± 0.0 fg	60 ± 0.0 f
T04	120.0 ± 0.0 cd	40 ± 0.0 g	55 ± 0.0 j	100 ± 0.0 fg	60 ± 0.0 f
T05	89.0 ± 0.0 f	20 ± 0.0 h	29 ± 0.0 l	70 ± 0.0 g	30 ± 0.0 h
T06	120.0 ± 0.0 cd	100 ± 0.0 d	110 ± 0.0 e	180 ± 0.0 cd	80 ± 0.0 e
T07	130.0 ± 0.0 bc	120 ± 0.0 c	129 ± 0.0 c	200 ± 0.0 bc	80 ± 0.0 e
T08	130.0 ± 0.0 bc	70 ± 0.0 f	79 ± 0.0 h	100 ± 0.0 fg	90 ± 0.0 d
T09	140.0 ± 0.0 ab	70 ± 0.0 f	93 ± 0.0 f	100 ± 0.0 fg	95 ± 0.0 c
T10	91.50 ± 1.0 f	40 ± 0.0 g	24 ± 0.0 m	80 ± 0.0 g	30 ± 0.0 h
T11	103.75 ± 27.5 abc	140 ± 0.0 b	151 ± 0.0 b	220 ± ab	90 ± 0.0 d
T12	145.25 ± 0.5 ab	160 ± 0.0 a	173 ± 0.0 a	250 ± 0.0 a	90 ± 0.0 d
T13	146.0 ± 0.0 ab	80 ± 0.0 e	110 ± 0.0 e	175 ± 50 cd	100 ± 0.0 b
T14	150.0 ± 0.0 a	80 ± 0.0 e	111 ± 0.0 d	150 ± 0.0 de	120 ± 0.0 a
T15	150.0 ± 0.0 ef	70 ± 0.0 f	72 ± 0.0 i	130 ± 0.0 ef	50 ± 0.0 g
Pr(>F)	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16
C. V.	16.84	47.70	46.04	37.97	37.97
DSM	18.01	1.811e-13	1.935e-13	32.73	32

R²: coeficiente de determinación, DSM: de la prueba de la Diferencia Mínima Significativa. Peso S: Peso seco, N: Nitrógeno, B:Boro,Ca:Calcio, Fe: Hierro. Medias con letras diferentes indica diferencia estadísticamente significativa (Tukey P ≤ 0.05) C.V: Coeficiente de variación, DL: Dosis optima de *Lilium grandiflora* reportado por Jones *et al.*, (1991), T01: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T02: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T03: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T04: 100-50-50 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T05: 100-50-50 kg ha⁻¹, T06: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T07: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T08: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T09: 120-60-60 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T10: 120-60-60 kg ha⁻¹, T11: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 7 días, T12: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Cream cada 15 días, T13: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 7 días, T14: 160-80-80 kg ha⁻¹ + MC Extra cada 15 días, T15: 160-80-80 kg ha⁻¹.

5.1.3 Discusión

En ambos experimentos, las plantas fueron capaces de crecer en condiciones de invernadero, sin presentar retrasos en la brotación floral, que fue durante el mes de mayo (Figura 14 y 21) coincidiendo con la emergencia reportada para el género (Tapia *et al.*, 2012), a pesar de que en el caso del experimento dos la siembra se realizó a finales de invierno (enero), aunque en este último

se observa que el desempeño del testigo (T16) fue drásticamente menor que los tratamientos, problema que puede ser atribuido a la alta incidencia de pudrición en los bulbos (Figura 22), y que si bien no se realizaron los análisis para examinar al patógeno, los tratamientos con influencia de nutrición mostraron alta resistencia.

Por otro lado, el desarrollo vegetativo se determinó por el número de hojas (NH) y longitud de las hojas (LH), en los Cuadros 3, 4 y 12, se puede observar el contraste de algunos tratamientos, en el primer experimento (Cuadros 3 y 4) los valores más altos correspondieron a los tratamientos con altas concentraciones de N todos mayores en contraste al testigo, resultado que se repitió en experimento dos, en donde no se pudo observar un comportamiento destacable en los tratamientos con bioestimulantes concordando con lo observado por algunos autores en especies de la misma familia (Jaulis *et al.*, 2018).

La principal diferencia al segundo experimento fue la cantidad de N aplicado, pues los tratamientos con mejores desempeños fueron contenidos de N: 100 kg·ha⁻¹ K: 50 kg·ha⁻¹ y P: 50 kg·ha⁻¹, y que en estudios similares realizados por Sharma *et al.*, (2017) se reportan resultados semejantes en el desarrollo vegetativo a los obtenidos con los tratamientos T01, T02 y T03, al evaluar *Iseme amancaes* aplicando dosis superiores a 100 kg·ha⁻¹ de N, concordando con lo reportado por Branch, (2013) que indica que especies de la familia, al realizar aplicaciones de alta de N se pueden obtener valores significativos en la altura de las hojas. Sin embargo, respecto a la floración, los resultados no fueron los esperados, pues las brotaciones florales fueron limitadas, suceso que se vio más marcado en el segundo experimento (Figura 19), no obstante, de acuerdo con Azcón-Bieto y Talón (2013) ésta respuesta puede ser atribuida a la alta salinidad en el sustrato después de la elevada aplicación de nitrógeno, ocasionando un retardo en la floración y formación de semillas,

argumento apoyado por Jaulis, *et al.*, (2018), que reporta retraso en la floración de *I. amancaes* bajo dosis altas de nitrógeno.

Cabe mencionar, que los esfuerzos por realizar fertilizaciones eficientes dentro de especies de la familia Amaryllidaceae, son con enfoques dirigidos a la producción de bulbos, ya que la principal característica de la familia es que la mayoría de las plantas son altamente citotóxicas (Nair *et al.*, 2023; Chavarro *et al.*, 2020). En el segundo experimento, la producción de bulbos no se vio afectada por los tratamientos (Cuadro 14), pero el grosor del bulbo de algunos tratamientos, si fue contrastante en comparación al testigo. Resultados que coinciden con los reportes de diversos autores (Mahanthesh *et al.*, 2007; Bairagi *et al.*, 2015; Vázquez *et al.*, 2015; Askari-Khorasgani *et al.*, 2019; Anbarasi *et al.*, 2020), que obtuvieron resultados similares con los de los tratamientos T12, T08 y T05 (160, 120 y 100 kg·ha⁻¹ respectivamente), ya que señalan un aumento significativo del grosor de los bulbos en plantas de la misma familia y en algunos casos en un aumento en su contenido fitoquímico (Lubbe *et al.*, 2011).

Los resultados obtenidos en los niveles de concentración mineral del material vegetal en ambos experimentos (Cuadros 7, 8, 9, 15, 16) fue de nivel óptimo, y que si bien no existe un reporte para el género *Zephyranthes* si se encuentra para otras especies referentes de las amarilidáceas como lo reportado por Benton-Jones *et al.*, (1995) para *Lilium longiflorum* (Cuadro 16), en donde podemos realizar un contraste con lo obtenido. Nuestros resultados en su mayoría, los macros y micro nutrientes se encuentran dentro del rango establecido como optimo, sin embargo, en N solo el en segundo experimento (Cuadro 15) se pueden encontrar valores que superan por casi un el doble a lo óptimo para *L. longiflorum*.

Cuadro 17. Niveles óptimos de nutrición para *Lilium longiflorum* (Amarylidaceae).

Macro elemento	%	Micro elemento	ppm
N	3.30-4.8	B	25-75
P	0.25-0.7	Cu	8-50
K	3.30-5.0	Fe	60-200
Ca	0.6-1.5	Mn	35-200
Mg	0.20-0.7	Zn	20-200

N:nitrógeno, P: fosforo, K: Potasio, Ca: calcio, Mg: magnesio, B: boro, Cu: cobre, Fe: hierro, Mn: manganeso, Zn: zinc.

5.2 Radiosensibilidad

5.2.1 Primera fase experimental

Durante el año 2021, iniciando prácticas de radiación en el mes de enero y de siembra y mantenimiento del experimento hasta el mes de mayo, se realizó la primera fase experimental de radiosensibilidad. El término del estudio se determinó por la fisiología del cultivo, ya que en el mes de mayo es cuando las plantas alcanzaron su auge de desarrollo, la floración. Siendo esta etapa la última medición para el análisis de los datos en las variables de crecimiento y desarrollo de la planta, así como la floración.

5.2.1.1 Porcentaje de brotación y floración

El desarrollo de las plantas del ensayo de radiosensibilidad se vio completamente afectado por dicha radiación a pesar de haber presentado una brotación normal, pues los tratamientos con alguna dosis de radiación vieron inhibido su crecimiento de manera sustancial, la mayoría de las plantas no superaron los 4 cm. de altura y la producción de hojas se limitó a menos 2 hojas por planta. Sin

embargo, los tratamientos T02 y T03 (20 y 30 Gy) si pudieron desarrollarse de manera exitosa (Figura 23).

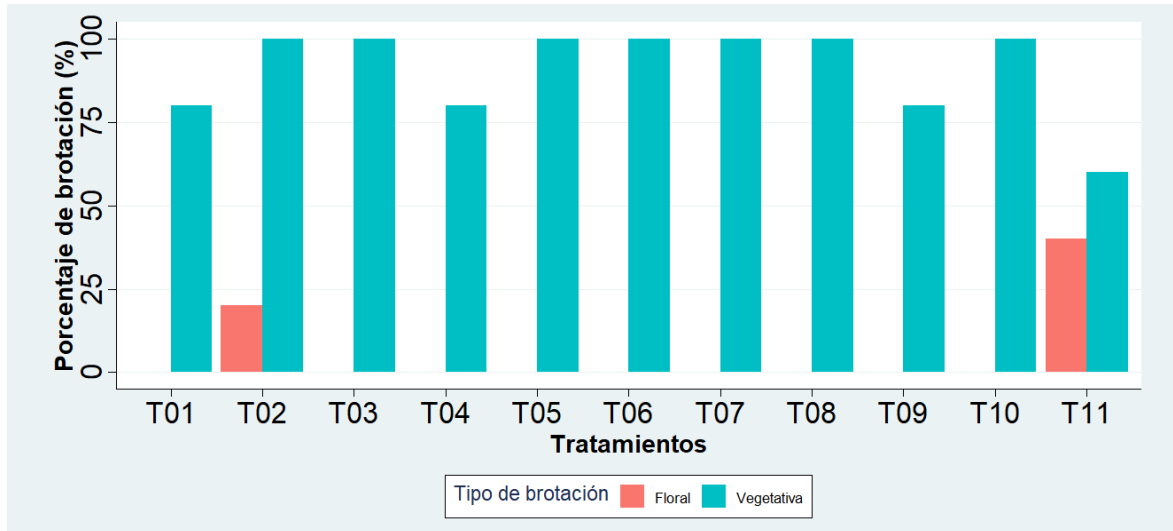


Figura 23. Porcentaje de brotación floral y vegetativo de bulbos de *Zephyranthes lindleyana* Herb. irradiados con diferentes dosis Gray. El porcentaje de brotación se calculó como el promedio de las repeticiones por tratamiento, T01: 10 Gy, T02: 20 Gy, T03: 30 Gy, T03: 30 Gy, T04: 40 Gy, T05: 50 Gy, T06: 60 Gy, T07: 70 Gy, T08: 80 Gy, T09: 90 Gy, T10: 100Gy, T11: Testigo.

La brotación de los bulbos de experimento de radiación no presentó adelanto o retraso en la fecha de brotación en comparación al testigo, la brotación vegetativa se presentó en la segunda semana del mes de abril. Los tratamientos con alguna dosis de radiación obtuvieron porcentajes por encima del porcentaje de brotación del tratamiento testigo. La presencia de brotes florales fue negativa en la mayoría de los tratamientos con alguna dosis de radiación, a excepción del tratamiento con 20 Gy que presentó una floración del 20% en sus repeticiones. Aun así, el tratamiento de testigo tuvo un mayor porcentaje de brotes florales.

5.2.1.2 Crecimiento vegetativo

Las variables que nos indicarían cambios en el crecimiento vegetativo de las plantas fueron el número y longitud de las hojas. Estos datos se graficaron para conocer su distribución y comparación visual (Figura 24).

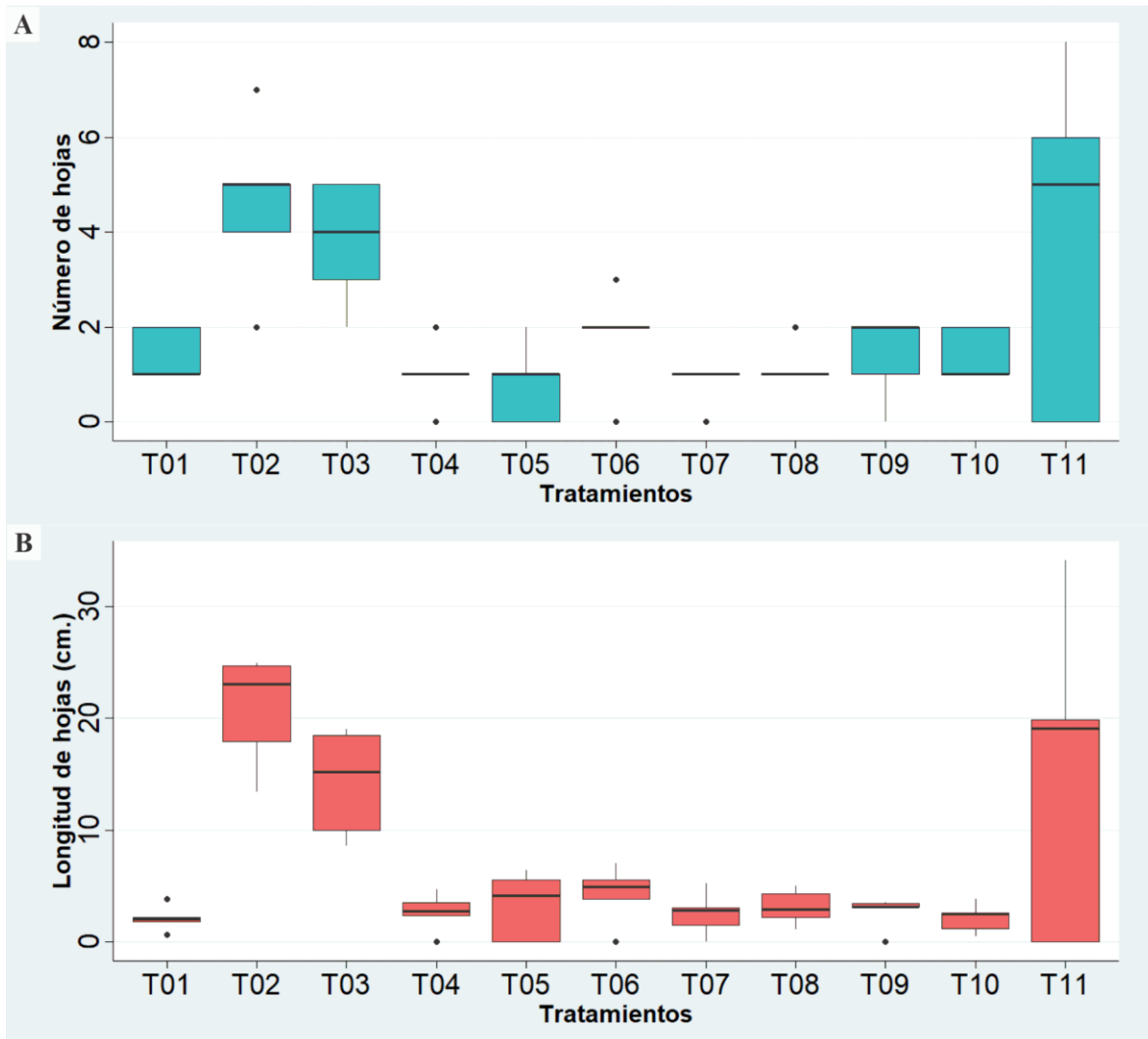


Figura 24. Distribución de los datos de variables de crecimiento por tratamiento. A: Número de hojas (NH), B: Longitud de las hojas (LH), T01: 10 Gy, T02: 20 Gy, T03: 30 Gy, T03: 30 Gy, T04: 40 Gy, T05: 50 Gy, T06: 60 Gy, T07: 70 Gy, T08: 80 Gy, T09: 90 Gy, T10: 100Gy, T11: Testigo.

La brotación vegetativa de las plantas de los tratamientos con alguna dosis de radiación (T01-T10) fue homogénea en todos los tratamientos ya que no presento un desfase de tiempo con plantas sin radiación (testigo), sin embargo, la figura anterior muestra que el desempeño de las plantas en las

variables de longitud (LH) y número de hojas (NH) fue completamente afectado por la radiación. Se puede apreciar, que los tratamientos con mayor afectación en la longitud y número de las hojas son los tratamientos 40 a 100 Gy ya que la mayoría de las repeticiones se acumula de manera agrupada en rangos relativamente iguales por debajo de los 5 cm., por otro lado, en el número de hojas no existe un rango que se pueda establecer pues las plantas en estos tratamientos solo fueron de 1 y 2 hojas. Ambas variables indican una afectación por la radiación en el mismo rango de radiación. En el caso de los tratamientos T02, T03 y T11 (testigo), el comportamiento en las variables LH y NH muestra una mejoría en comparación a los demás tratamientos, pues en el caso de la variable LH, podemos encontrar agrupaciones por encima de los 10 cm., en la variable NH la situación es la misma, pues las agrupaciones son aparentemente positivas ya que las agrupaciones están por encima de las 5 hojas. Como resultado de las radiaciones en dosis altas, el desarrollo de las plantas se vio parcialmente inhibido, dicho comportamiento se pudo observar con mayor claridad en la etapa de mayor crecimiento (mes de mayo) (Figura 25).



Figura 25. Plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes dosis de radiación Gray. Gy: Grados Gray.

El Cuadro 18 permite de manera cuantitativa explicar el comportamiento de la longitud de las hojas bajo el efecto de las diferentes dosis de radiación dentro de los tratamientos; debido a que, en algunos tratamientos, las repeticiones se vieron afectadas por completo, inhibiendo su crecimiento por completo. Los valores mínimos de cero muestran cuales fueron los tratamientos que se vieron afectados en al menos una de sus repeticiones (el caso de los tratamientos 40, 50, 60, 70, 90 Gy y testigo), los números máximos nos muestra la longitud del mejor ejemplar que se obtuvo por tratamiento, que si bien el mejor tratamiento es el testigo (34.1 cm), el desempeño de manera general es mejor en tratamientos con radiación como el tratamiento 20 Gy que en obtuvo una longitud de 24.9 cm y ninguna de sus repeticiones murió, e incluso el número mínimo mostró una longitud de 13.4 cm, valor mayor que el resto de los tratamientos.

Tomando en cuenta el desempeño de los tratamientos, los valores más altos en la media de las longitudes corresponden a los tratamientos bajo radiaciones de 20 y 30 grados Gray, cabe resaltar que en ambas dosis no existió inhibición del crecimiento y que la brotación se completó en las cinco repeticiones.

Cuadro 18. Estadísticos descriptivos de la variable longitud de las hojas de plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes tratamientos de irradiación.

Longitud de las hojas (cm.)									
Trat	Min	Max	Mean	Median	Desv. Std	Coef.var	SE.mean	Norm	Plant
T01	0.6	3.8	2.08	2.0	1.1454257	0.55068	0.5122499	0.6799	5
T02	13.4	24.9	20.80	23.1	5.0119856	0.24096	2.2414281	0.2209	5
T03	8.6	19.0	14.26	15.2	4.7830952	0.33542	2.1390652	0.3005	5
T04	0	4.7	2.64	2.7	1.7372392	0.65804	0.776917	0.8435	4
T05	0	6.4	3.20	4.1	3.0339740	0.94811	1.356835	0.1822	3
T06	0	7.0	4.24	4.9	2.6368542	0.62189	1.179237	0.5404	4
T07	0	5.2	2.50	2.8	1.9287302	0.77149	0.8625543	0.9332	4
T08	1.1	5.0	3.10	2.9	0.5732133	0.50748	0.7035624	0.8756	5
T09	0	3.5	2.62	3.1	1.4754660	0.56315	0.6598485	0.0035	4
T10	0.5	38.0	2.12	2.5	1.2911235	0.60902	0.57708	0.8140	5
T11	0	34.1	14.62	19.1	14.6194049	0.99995	6.5379966	0.3208	3

Trat: Tratamiento, Min: Mínimo, Max: Máximo, Mean Media, Median: Mediana, Var: Varianza, Desv. Std., Desviación estándar, SE.mean: Error estándar, Norm: Normalidad Shapiro Wilk ($\alpha=0.05$), Plan: Número de plantas brotadas, T01: 10 Gy, T02: 20 Gy, T03: 30 Gy, T03: 30 Gy, T04: 40 Gy, T05: 50 Gy, T06: 60 Gy, T07: 70 Gy, T08: 80 Gy, T09: 90 Gy, T10: 100Gy, T11: Testigo.

El Cuadro 19 muestra que el comportamiento en el desarrollo de hojas en las plantas bajo efectos de radiación por encima radiaciones de 40 Gy, fue completamente nulo en alguna de sus repeticiones y no se permitió el desarrollo más allá de dos hojas por planta. En los tratamientos 70 y 100 Gy, el número máximo de hojas fue solo una. Los tratamientos 40 a 100 Gy (a excepción de los anteriormente mencionados), tuvieron como máximo dos hojas. El mejor tratamiento en el desarrollo de hojas fue el tratamiento de 20 Gy, pues en su valor mínimo fue de dos hojas en alguna repetición y un número máximo de siete hojas, solo por debajo al testigo, aunque cabe mencionar que el tratamiento testigo obtuvo valores mínimos de cero en alguna de sus repeticiones, otro de los tratamientos con buen desempeño fue el tratamiento de 30 Gy que obtuvo un número máximo de cinco hojas y un mínimo de dos.

Cuadro 19. Estadísticos descriptivos de la variable número de las hojas de plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes tratamientos de irradiación.

Número de hojas									
Trat	Min	Max	Mean	Median	Desv Std.	Coef.var	SE.mean	Norm	Plant
T01	1	2	1.4	1	0.5477226	0.3912304	0.244949	0.00647	5
T02	2	7	4.6	5	1.8165902	0.3949109	0.8124038	0.82580	5
T03	2	5	3.8	4	1.3038405	0.3431159	0.5830952	0.42110	5
T04	0	2	1.0	1	0.7071068	0.7071068	0.3162278	0.32540	4
T05	0	2	0.8	1	0.8366600	1.0458250	0.3741657	0.31400	3
T06	0	3	1.8	2	1.0954451	0.6085806	0.4898979	0.135000	4
T07	0	1	0.8	1	0.4472136	0.5590170	0.2000000	0.000131	4
T08	1	2	1.2	1	0.4472136	0.3726780	0.2000000	0.000131	5
T09	0	2	1.4	2	0.8944272	0.6388766	0.4000000	0.045950	4
T10	1	2	1.4	1	0.5477226	0.3912304	0.2449490	0.006470	5
T11	0	8	3.8	5	3.6331804	0.9561001	1.6248077	0.253800	3

Trat: Tratamiento, Min: Mínimo, Max: Máximo, Mean Media, Median: Mediana, Var: Varianza, Desv. Std, Desviación estándar, SE.mean: Error estándar, Norm: Normalidad Shapiro Wilk ($\alpha=0.05$), Plant: Número de plantas brotadas, T01: 10 Gy, T02: 20 Gy, T03: 30 Gy, T03: 30 Gy, T04: 40 Gy, T05: 50 Gy, T06: 60 Gy, T07: 70 Gy, T08: 80 Gy, T09: 90 Gy, T10: 100Gy, T11: Testigo.

En los tratamientos T01 y T04 al T10 (dosis de 10 y 40- 100 Gy) el crecimiento de las hojas escasamente superó los 5 cm., el número de hojas de igual manera se vio afectado en esas dosis, pues las plantas no superaron las 2 hojas. Sin embargo, el crecimiento de las hojas y el desarrollo de más hojas si fue posible en dosis de radiación de 20 y 30 Gy (tratamientos T02 y T03), e incluso floración (para el caso del tratamiento T02). La comparación de medias evidenció que el número de hojas no mostro diferencia alguna entre tratamientos, pero en la variable de longitud si se encontraron diferencias estadísticamente significativas con el tratamiento de 20 Gy respecto al testigo (tratamiento T11), siendo este el de valor más alto, aunque de acuerdo a la comparación de medias Tukey (Cuadro 20), este tratamiento presentó similitud estadística con el tratamiento de 30 Gy.

Una vez realizados los análisis descriptivos se comprobó la normalidad de los datos. Los resultados mostrados en la prueba de Shapiro-Wilk ($\alpha=0.05$) evidenciaron que el comportamiento de los datos era normal después se procedió a un análisis de varianza y sus correspondientes pruebas de homogeneidad de las varianzas y normalidad en el error de la independencia, todas ellas con ($\alpha=0.05$).

Cuadro 20. Variables de crecimiento (longitud y número de hojas) de plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes dosis de radiación gray.

Dosis de radiación (Gy)	Número de Hojas	Longitud de las hojas (cm)
10 Gy	1 ± 0.55 a	2.08 ± 0.51 c
20 Gy	5 ± 1.82 a	20.80 ± 2.24 a
30 Gy	4 ± 1.30 a	14.26 ± 2.24 ab
40 Gy	1 ± 0.70 a	2.64 ± 2.14 c
50 Gy	1 ± 0.84 a	3.20 ± 0.78 c
60 Gy	2 ± 1.09 a	4.24 ± 1.18 bc
70 Gy	1 ± 1.09 a	2.50 ± 0.86 c
80 Gy	1 ± 0.45 a	3.10 ± 0.70 c
90 Gy	2 ± 0.90 a	2.62 ± 0.66 c
100 Gy	1 ± 0.55 a	2.12 ± 0.58 c
Testigo	5 ± 3.63 a	14.62 ± 6.54 ab
R ²	3.03	26.57
Pr(>F)	1.64e-04	2.12e-07
C.V.	70.32	301.533
DSM	3.685	11.061

R²: coeficiente de determinación, DSM: de la prueba de la Diferencia Mínima Significativa, Gy: Grados gray. Medias con letras diferentes indica diferencia estadísticamente significativa (Tukey $P \leq 0.05$).

5.2.1.3 Comportamiento fisiológico de *Z. lindleyana* Herb.

Las curvas de crecimiento que se muestran (Figura 26) evidencian que el efecto del tratamiento de 20 Gy impulso la altura de las hojas significativamente en comparación al resto de los tratamientos. El testigo fue el segundo tratamiento en mostrar una curva con ascendencia positiva incluso mejor

que el tratamiento 30 Gy, cabe señalar que estos tres tratamientos tuvieron en la fecha del 3 de mayo, un aumento importante en su comportamiento.

Cabe resaltar que en esta fecha fue donde las plantas de *Z. lindleyana* Herb. de todos los tratamientos muestran un estímulo de crecimiento, lo cual es característico de la especie, presentándose en la primera semana de mayo cuando las plantas de *Z. lindleyana* Herb. comienzan con máxima expresión crecimiento.

En la Figura 26 también podemos apreciar como el crecimiento con dosis superiores a 40 Gy se vio completamente afectado y durante el experimento no superaron los cinco centímetros de altura.

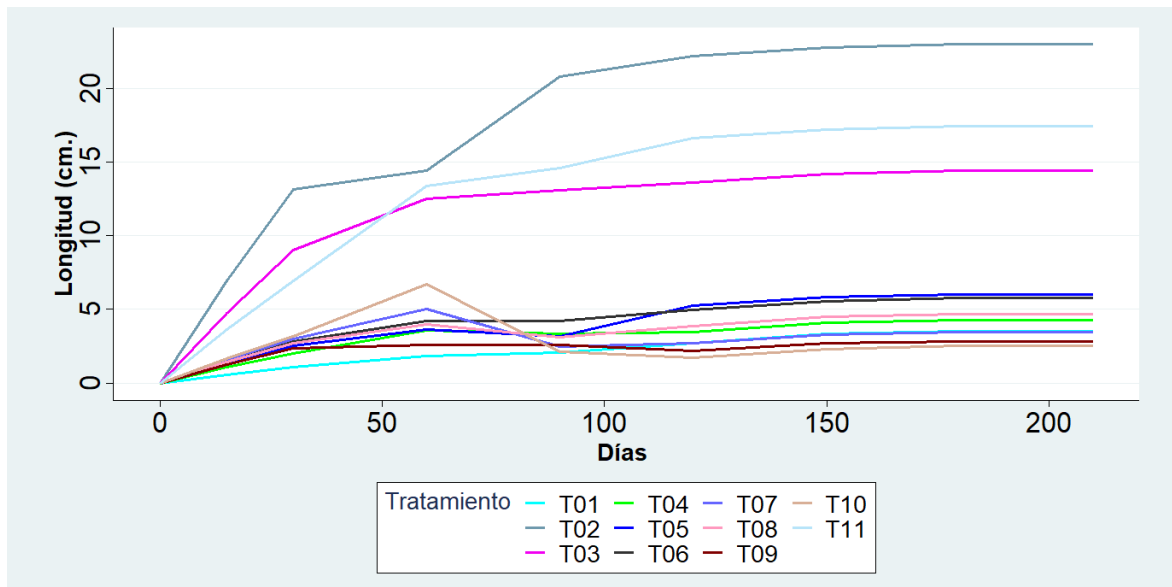


Figura 26. Curvas de crecimiento de plantas de *Z. lindleyana* Herb. por tratamiento. Año 2021. T01: 10 Gy; T02: 20 Gy; T03: 30 Gy; T03: 30 Gy; T04: 40 Gy; T05: 50 Gy; T06: 60 Gy; T07: 70 Gy; T08: 80 Gy; T09: 90 Gy; T10: 100Gy; T11: Testigo.

5.2.1.4 Floración

El único de los tratamientos de radiosensibilidad que presentó inflorescencia en al menos una repetición fue el de la dosis de 20 Gy, la floración no presentó cambios en ningún rasgo morfológico o de color, en comparación al testigo (Figura 27).



Figura 27. Inflorescencias de *Zephyranthes lindleyana* Herb bajo diferentes dosis de radiación con cobalto 60. A: Tratamiento 20 Gy, B: Testigo.

Como resultado de la inhibición del crecimiento en la mayoría de las plantas, no fue posible realizar los análisis de cuantificación de semillas, clorofila y análisis nutrimental pues solo las plantas del tratamiento testigo fueron las únicas en alcanzar una maduración y producción de semillas. En todos los tratamientos bajo una dosis radiación no se pudo obtener suficiente material vegetativo para poder realizar los análisis antes mencionados de manera confiable.

5.2.2 Segunda Fase experimental

El planteamiento central del estudio de la segunda fase experimental de radiación, se fundamentó en el resultado de la primera fase, en donde se encontró un rango no letal de radiación gamma (entre 20-30 Gy), por lo que se evaluaron irradiaciones fraccionadas de 5°, desde los 15 a los 30 Gy; es decir un total de cuatro dosis. El monitoreo del experimento se realizó en un lapso de 6

meses desde la siembra de los bulbos, tomando el mes de mayo como el mes en el que las plantas debieron alcanzar su mejor expresión, de acuerdo con el proceso fisiológico de *Z. lindleyana* Herb.

5.2.2.1 Porcentaje de brotación y floración

A diferencia del experimento de la fase 1 (2021), como se puede observar en la Figura 28, la brotación vegetativa de los tratamientos en este experimento, se vio disminuida significativamente, dado que el mejor tratamiento obtuvo un porcentaje de brotación del 50%; es decir de dos plantas por tratamiento, aun así, la brotación fue mejorada por la radiación, ya que el tratamiento testigo solo obtuvo un 10% de brotación vegetativa. Las plantas de este experimento no presentaron inflorescencias en ninguno de los tratamientos.

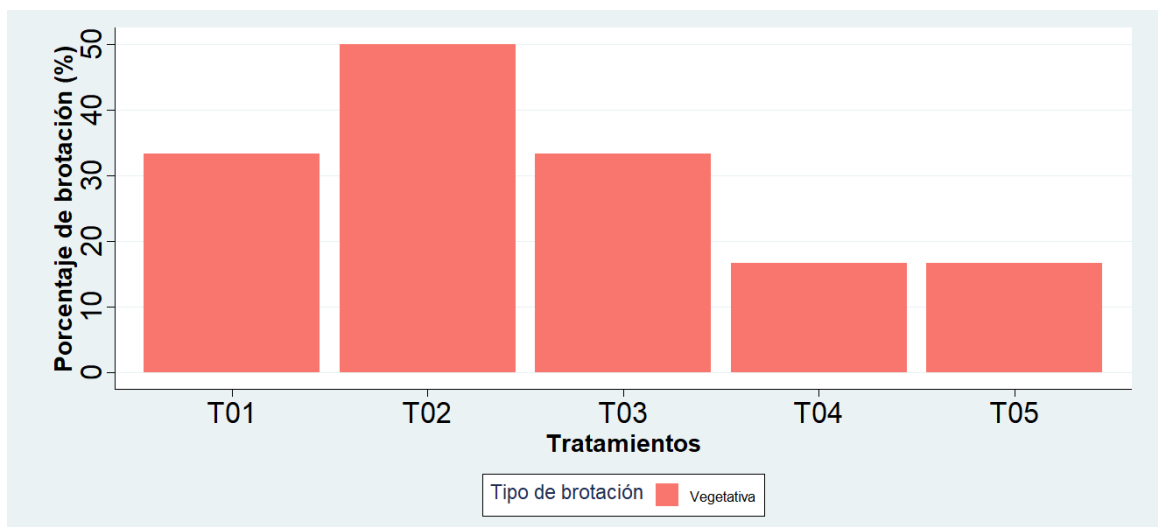


Figura 28. Porcentaje de brotación floral y vegetativo de bulbos de *Zephyranthes lindleyana* Herb. irradiados con diferentes dosis Gray. Año 2022. T01: 15 Gy, T02: 20 Gy, T03: 25 Gy, T04: 30 Gy, T05: Testigo.

5.2.2.2 Crecimiento vegetativo

La distribución de las variables de respuesta (LH y NH), mostraron que el crecimiento en todos los tratamientos se comportó de manera uniforme, pues la distribución que se muestra en la Figura 29, muestran que la acumulación no es tan dispersa, si bien, algunos datos se encuentran fuera de las

cajas la mayoría de los datos se encuentra cerca. Este comportamiento es homogéneo en los mismos tratamientos que lograron alcanzar datos (15, 20 y 25° Gray).

El desglose de los análisis descriptivos de las variables longitud y número de hojas (Cuadro 21 y

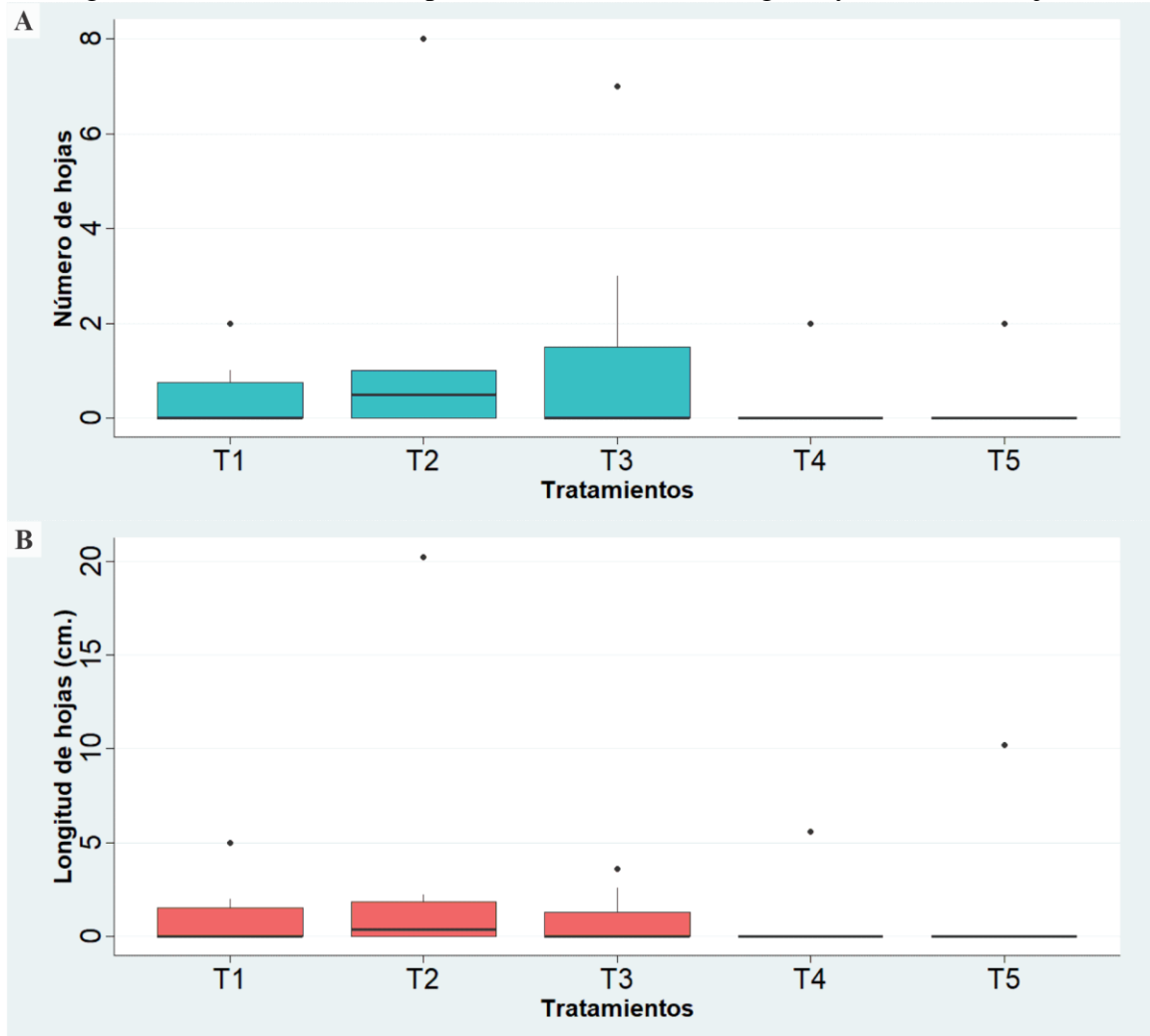


Figura 29. Distribución de los datos de variables de crecimiento por tratamiento. A: Número de hojas (NH); B: Longitud de las hojas (LH). T01: 15 Gy, T02: 20 Gy, T03: 25 Gy, T04: 30 Gy, T05: Testigo.

22), permite identificar que en todos los tratamientos hubo plantas que no crecieron en lo absoluto y que incluso la mayoría de los valores de los mejores ejemplares (números máximos) estuvieron por debajo de los 5 cm.

En el mismo apartado de números máximos, se puede observar que existieron plantas con un desarrollo de altura significativamente superior a otros tratamientos, incluyendo al testigo. Cuantitativamente los estudios descriptivos nos permiten identificar que el crecimiento en tratamientos con radiación (20 Gy) obtuvo valores y brotación superior a los demás tratamientos. En el número de hojas la producción fue realmente afectada en todos los tratamientos ya que los valores medios fueron muy similares, aunque para los números máximos podemos observar que el tratamiento T02 (20 Gy) fue el que obtuvo el valor más alto.

Cuadro 21. Estadísticos descriptivos de la variable longitud de las hojas de plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes dosis de radiación gamma.

Longitud de las hojas (cm)									
Trat	Min	Max	Mean	Median	Desv.Std.	Coef.var	SE.mean	Norm	Plant
1	0	5.0	1.16	0	2.0412415	1.7496355	0.8333333	0.0042260	2
2	0	20.0	3.85	0.35	8.0552470	2.0922720	3.2885410	0.0002313	3
3	0	3.6	0.88	0	1.5399443	1.7386468	0.5820443	0.0009193	2
4	0	5.6	0.93	0	2.2861904	2.4494897	0.9333333	2.073e-05	1
5	0	10.2	2.04	0	4.5615790	2.236068	2.040000	0.000131	1

Trat: Tratamiento, Min: Mínimo, Max: Máximo, Mean Media, Median: Mediana, Var: Varianza, Desv.Std., Desviación estándar, SE.mean: Error estándar, Norm: Normalidad Shapiro Wilk ($\alpha=0.05$), Plant: Número de plantas brotadas.

Cuadro 22. Estadísticos descriptivos de la variable número de las hojas de plantas de *Zephyranthes lindleyana* Herb. bajo diferentes tratamientos de irradiación.

Número de hojas									
Trat	Min	Max	Mean	Median	Desv. Std.	Coef.var	SE.mean	Norm	Plant
1	0	2	0.50	0	0.8366600	1.6733201	0.3415650	0.0063730	2
2	0	8	1.66	0.5	3.1411250	1.8846750	1.2823590	0.0007127	3
3	0	7	1.42	0	2.6992060	1.8894440	1.0202040	0.0007037	2
4	0	2	0.33	0	0.8164966	2.4494897	0.3333333	2.073e-05	1
5	0	2	0.40	0	0.8944272	2.2360680	0.4000000	0.000131	1

Trat: Tratamiento, Min: Mínimo, Max: Máximo, Mean Media, Median: Mediana, Var: Varianza, Desv.Std., Desviación estándar, SE.mean: Error estándar, Norm: Normalidad Shapiro Wilk ($\alpha=0.05$), Plant: Número de plantas brotadas.

Una vez comprobado la normalidad y homogeneidad de los datos de las variables LH y NH, se procedió a realizar un análisis de la varianza y una comparación de medias Tukey, todas ellas con ($\alpha=0.05$), dichos análisis no indicaron diferencia estadística significativa entre tratamientos.

5.2.2.3 Comportamiento fisiológico de *Z. lindleyana* Herb.

La fisiología promedio de las plantas en este experimento se puede observar en la Figura 20, donde se puede apreciar que los tratamientos con las dosis 25 y 30 Gy fueron los tratamientos que mantuvieron un crecimiento ascendente desde su brotación, teniendo picos de crecimiento donde se puede asumir el estímulo de crecimiento, sin embargo, existe en las fechas finales una tendencia a la marchitez, aunque este comportamiento fue para todos los tratamientos. Se puede observar que todos los tratamientos en inicios del mes de mayo presentaron un estímulo de crecimiento, respondiendo a su fisiología natural a pesar de su bajo desempeño en el crecimiento y desarrollo.

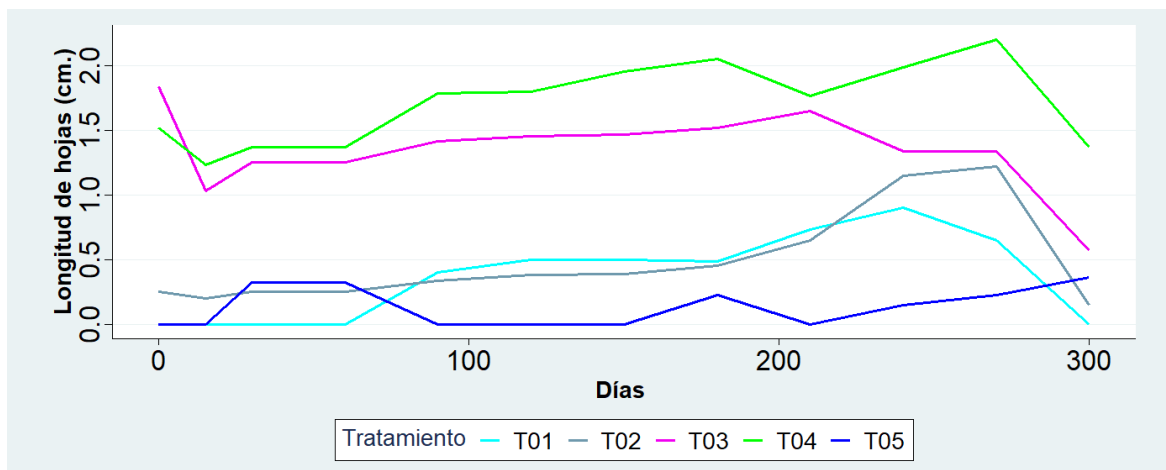


Figura 30. Curvas de crecimiento promedio de plantas de *Z. lindleyana* Herb. bajo dosis de radiación gamma.

5.2.2.4 Floración

En ninguno de los tratamientos bajo dosis de irradiación e incluso el testigo, no se presentaron inflorescencias o formación de botones florales durante el curso del experimento.

5.2.3 Discusión

En el primer experimento, se observó un efecto significativo de la irradiación. Se identificó que para *Z. lindleyana* Herb. las dosis 10, 40-100 Gy resultaron letales, ya que no se presentó un crecimiento adecuado e incluso en algunos tratamientos inhibición total del mismo, en un estudio similar, al irradiar bulbos de *Polianthes tuberosa*, se encontró que las dosis altas de radiación gray tienen efecto de inhibición total en el crecimiento y desarrollo de la planta, además de presentar retraso en la emergencia de las plantas (Navabi *et al.*, 2016), si bien para cada especie el efecto de irradiación afecta de manera diferente, de acuerdo a Joshi *et al.*, (2011) la inhibición de este proceso, se debe a la alteración de procesos enzimáticos, de desequilibrio hormonal y la inhibición mitótica. Por el contrario, las dosis 20-30 Gy permitieron la emergencia del bulbo. Cabe mencionar, que en ambos experimentos (Figuras 26 y 30), no existió retraso de emergencia de *Z. lindleyana* Herb. por lo reportado con la especie (Tapia *et al.*, 2012).

Las dosis 20 y 30 Gy, se establecieron como el rango de dosis útil para la especie, pues mostraron un efecto de estimulación en el crecimiento vegetativo en comparación con el tratamiento testigo, lo que coincide con lo encontrado por Xi *et al.*, (2012), que señala mejoras en el desempeño de variables de altura y número de hojas en *Lilium longiflorum* Thunb CV. Zorro blanco. Sin embargo, este resultado es contrastante con lo reportado para *Allium sativum* L. donde la dosis efectiva de acuerdo a algunos estudios, se encuentra alrededor de 5-10 Gy (Taner y Kunter, 2004;

Benke *et al.*, 2019), y las dosis letales se han identificado por encima de los 20 Gy (El-Fiki y Adly, 2020), lo que señala que *Z. lindleyana* Herb. presenta una radiosensibilidad más alta.

Si bien para la especie no existe antecedente del uso de irradiación gamma, es importante mencionar que se ha empleado el uso del haz de electrones para dirigir rayos X en *Z. grandiflora* (Ling *et al.*, 2019), en donde el efecto resultó en un daño completo de las plantas. Lo anterior permite apoyar el uso de radiaciones gamma como alternativa efectiva en la exploración de mutágenos útiles.

En el segundo experimento de irradiación, a pesar de los problemas de pudrición en la mayoría de los bulbos (Figura 22), los tratamientos con alguna dosis de radiación mostraron mejor desempeño en la brotación (Figura 28), que el tratamiento testigo. Sin embargo, en el experimento no se pudieron cuantificar el crecimiento, tras un desempeño nulo en las variables evaluadas.

VI. CONCLUSIONES

Los objetivos planteados en esta investigación se cumplieron, pues los parámetros de crecimiento y desarrollo aportaron información suficiente para conocer el comportamiento de la especie a distintos niveles de nutrición y de la adición bioestimulantes a base de algas. De la misma manera, la influencia de la irradiación en *Z. lindleyana* Herb permitió identificar alteraciones en el crecimiento y se pudo identificar el rango de dosis de radiación gamma letal y útil.

La hipótesis general planteada en este trabajo, así como las específicas, no se rechazan, ya que fue posible identificar y cuantificar la manifestación de cambios en el crecimiento, desarrollo y floración como consecuencia del uso de bioestimulantes en un plan de nutrición e irradiación gamma, a través de la medición de los parámetros establecidos.

Las primeras prácticas de campo mostraron que el cultivo de *Z. lindleyana* Herb. es capaz de desarrollarse en condiciones de invernadero, y no muestra desfase de tiempo en la brotación floral o vegetativa en comparación a su habitat natural. Además, la especie se pudo desarrollar de manera efectiva en maceta y respondió de manera positiva a una combinación de sustrato rico en materia orgánica y de textura franco arenosa.

En el caso de los experimentos de nutrición y bioestimulantes. En el primer experimento se dieron indicios de que *Z. lindleyana* Herb. responde de manera positiva a dosis altas de nitrógeno y la adición de bioestimulantes a un plan de nutrición.

Para el segundo experimento se confirmó que las dosis de nutrición con concentraciones altas de nitrógeno mejoran el desarrollo vegetativo de *Z. lindleyana* Herb. Pues en contraste con el primer experimento, el crecimiento de la planta fue sustancial. Sin embargo, la producción de inflorescencias se vio completamente inhibida. En este mismo experimento el bioestimulante MC

Extra® demostró mayor influencia en el crecimiento de las hojas en comparación al bioestimulante MC Cream®.

En otras especies de la misma familia, se encontraron resultados similares e incluso las concentraciones minerales de *Z. lindleyana* Herb. estaban en un rango suficiente al realizar la comparación.

Para el caso de los experimentos de radiación gamma. En el primero permitió revelar que en bulbos de *Z. lindleyana* Herb. la irradiación no es letal en un rango de dosis de 20 a 30 grados Gray y que en estas dosis el crecimiento de la planta se ve estimulado positivamente. En el mismo experimento las dosis de irradiación altas de entre 40 a 100 grados Gray resultaron letales. Si bien, en primera instancia no para la emergencia vegetativa, si para el desarrollo de la planta

Para el segundo experimento, a pesar de los problemas que se presentaron en la pudrición de los bulbos, se pudo determinar que la irradiación gamma con dosis de 15 a 25 grados Gray estimulo el porcentaje de emergencia vegetativa.

En ambos experimentos este tipo de irradiación usando bulbos como material vegetal, no fue capaz de generar mutaciones de rasgos morfológicos de la planta, flor, bulbo o semilla.

Los resultados presentados apoyan lo encontrado con algunos autores para ciertas especies de la familia Amarylidaceae, sin embargo, algunos otros señalan dosis más bajas (entre 5 a 10 Gy) como efectivas

En resumen, los resultados de esta investigación revelan que si existen cambios positivos en *Z. lindleyana* Herb. al realizar irradiaciones en dosis bajas, al igual que el uso de bioestimulantes a base de algas en la nutrición con dosis altas de nitrógeno.

VII. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados de esta investigación y de la indagación bibliográfica, a continuación, se enumeran una serie de recomendaciones con el fin de fomentar el estudio e introducción al mercado de la especie *Z. lindleyana* Herb.

A corto plazo

- Probar bioestimulantes que se encuentren en el mercado con capacidad de inducción floral.
- Estudiar el nicho ecológico de *Z. lindleyana* Herb. con el fin de identificar los lugares potenciales de presencia en el territorio mexicano.
- Explorar el potencial ornamental, industrial y comercial de *Z. lindleyana* Herb.

A mediano plazo

- Colectar y propagar la especie de *Z. lindleyana* Herb.
- Analizar el potencial citotóxico de la especie.
- Implementar técnicas de propagación in vitro para un mejor control e inocuidad, en análisis de identificación nutraceútica y extracción de metabolitos secundarios.
- Crear una línea de investigación para el género.

A largo plazo

- Someter a *Z. lindleyana* Herb. a estudios con fines de mejoramiento genético.
- Establecer un paquete tecnológico que permita un manejo agronómico completo para la especie.
- Identificar especies de la misma familia con potencial ornamental e industrial.

VIII. LITERATURA CITADA

- Afroz, S., Oliur Rahman, M., & Hassan, M. A. (2018). Taxonomy and Reproductive Biology Of The Genus *Zephyranthes* Herb. (Liliaceae) In Bangladesh. *Bangladesh J. Plant Taxon*, 25(1), 57–69. <https://doi.org/10.3329/bjpt.v25i1.37181>.
- Anbarasi, D., & Haripriya, K. (2020). Response of Aggregatum Onion (*Allium cepa* L. var. aggregatum Don.) To Organic Inputs, Biofertilizers and Biostimulants. *Plant Arch*, 20(1), 759-762. [http://plantarchives.org/20-1/759-762%20\(5739\).pdf](http://plantarchives.org/20-1/759-762%20(5739).pdf)
- Askari-Khorasgani, O., & Pessarakli, M. (2019). Evaluation of cultivation methods and sustainable agricultural practices for improving shallot bulb production – a review. *Journal of Plant Nutrition*, 43(1), 148–163. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1659329>.
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2013). *Fundamentos de Fisiología Vegetal* (2da. Edición). McGraw-Hill- Interamericana de España, S. L.
- Bairagi, P., Yadav, S. R., & Kumar, D. (2015). Response of onion (*Allium cepa* L.) to different levels of NPK and FYM under arid condition of Rajasthan. *An Asian Journal Of Soil Science*, 10(1), 42–46. <https://doi.org/10.15740/HAS/AJSS/10.1/42-46>.
- Barraza, O., & Ovalle, B. (09 de diciembre de 2017). Producción y caracterización de bioestimulantes para la producción agrícola a partir de residuos locales. *Revista Electrónica ANFEI Digital*. 1–9. <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/550>.
- Bayat, H., & Aminifard, M. H. (2018). Effects of Different Preservative Solutions on Vase Life of *Narcissus tazetta* Cut Flowers. *Journal of Ornamental Plants*, 8 (1), 13-21. https://journals.iau.ir/article_538642.html.
- Benke, A. P., Dukare, S., Jayaswall, K., Yadav, V. K., & Singh, M. (2019). Determination of proper gamma radiation dose for creating variation in Indian garlic varieties. *Indian Journal Traditional Knowledge*, 18(3), 547–552. <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/49369>.
- Benton-Jones, J., Wolf B., Mills H. A. (1991). *Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide* (1a. Edición). Micro-Macro Pub.
- Berkov, S., Pechlivanova, D., Denev, R., Nikolova, M., Georgieva, L., Sidjimova, B., Bakalov, D., Tafradjiiska, R., Stoynev, A., Momekov, G., & Bastida, J. (2021). GC-MS analysis of Amaryllidaceae and Sceletium-type alkaloids in bioactive fractions from *Narcissus* cv. Hawera. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 35(14), 7-33. <https://doi.org/10.1002/rcm.9116>.
- Branch, I. (2013). Growth and physiological characteristics of *Narcissus pseudonarcissus* at different nitrogen levels. *International Journal of Farming and Allied Sciences Available*, 2(2), 1325–1329.
- Calvo, P., Nelson, L. & Kloepper, JW. (2014). Usos agrícolas de bioestimulantes vegetales. *Suelo vegetal*. 383, 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>

- Calero-Hurtado, A., Quintero-Rodríguez, E., Olivera-Viciedo, D., Peña-Calzada, K., & Pérez-Díaz, Y. (2019). Influencia de dos bioestimulantes en el comportamiento agrícola del cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). *Revista de La Facultad de Ciencias*, 8(1), 31–44. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v8n1.73546>.
- Cardoso, J. C., & Vendrame, W. A. (2022). Innovation in Propagation and Cultivation of Ornamental Plants. *Horticulturae*, 8(3), 229–233. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030229>.
- Caruso, G., Golubkina, N., Tallarita, A., Abdelhamid, M. T., & Sekara, A. (2020). Biodiversity, ecology, and secondary metabolites production of endophytic fungi associated with amaryllidaceae crops. *Agriculture* 10(11), 1–16. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110533>.
- Castillo, J. I. L. (10 de agosto de 2016). Agronutrientes y bioestimulantes agrícolas. AEFA – Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes. <https://aefa-agronutrientes.org/bioestimulantes-agricolas-2>.
- Chavarro, C. F. G., Gutiérrez, M. C., Blanco, V. C. P., & Ruiz, X. M. C. (2020). Amaryllidaceae: Potential Source of Alkaloids. *Biological and Pharmacological Activities. Ciencia y Agricultura*, 17(3), 78–94. <https://doi.org/10.19053/01228420.V17.N3.2020.11379>.
- Christenhusz, M. J. M., & Byng, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3), 201–217. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.261.3.1>.
- Colla, G., & Rouphael, Y. (2020). Microalgae: New Source of Plant Biostimulants. *Agronomy*, 10(9), 2-4. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091240>.
- Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 371–393. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>.
- Datta, S. K. (2019). Determination of Radiosensitivity: Prerequisite Factor for Induced Mutagenesis. Bir B. (Eds). *Harnessing Plant Biotechnology and Physiology to Stimulate Agricultural Growth* (pp 39–54). Agrobios.
- De los Santos-Villalobos, S. (2021). Inducción de mutaciones: estado del conocimiento en el mejoramiento de plantas en América Latina y el Caribe (1ª ed.). Fontamara. https://www.researchgate.net/publication/352414735_INDUCCION_de_MUTACIONES_Estado_del_conocimiento_en_el_mejoramiento_de_plantas_en_America_Latina_y_el_Caribe/references.
- Díaz, L. E., García, S. A. L., Morales, R. A., Báez, R. I., Pérez, V. E., Olivar, H. A., Vargas, R. E. J., Hernández, H. P., de la Cruz, T. E., García, A. J. M., & Loeza, C. J. M. (2018). Effect of gamma radiation of ⁶⁰Co on sunflower plants (*Helianthus annuus* L.) (Asteraceae), from irradiated achenes. *Scientia Agropecuaria*, 9(3), 313–317. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2018.03.02>.

- Donzelli, J. L., Bertolani, F. C., & de Campos Trombeta, N. (2017). Sugarcane Cultivation: Soil Mapping, Environmental Effects, and New Sugarcane Varieties. Soil Mapping, Environmental Effects, and New Sugarcane Varieties. Hayton J. (Eds). Advances in Sugarcane Biorefinery: Technologies, Commercialization, Policy Issues and Paradigm Shift for Bioethanol and By-Products (pp. 1–15). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804534-3.00001-X>.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196 (1), 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>.
- El-Fiki, A., & Adly, M. (2020). Morphological, molecular, and organosulphur compounds characterization in irradiated garlic (*Allium sativum*) by GC–MS and SCoT markers. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 13(1), 61–70. <https://doi.org/10.1080/16878507.2019.1697079>.
- Ertani, A., Nardi, S., & Altissimo, A. (2012). Review: Long-term research activity on the biostimulant properties of natural origin compounds. *Acta Horticulturae*, 1009, 181–188. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2013.1009.22>
- FAOSTAT. (31 de mayo 2022). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, División de Estadística. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.
- Fishchuk, O. S. (2021). Micromorphology and anatomy of the flower of *Zephyranthes candida* (Amaryllidaceae). *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12(2), 192–198. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/022127>.
- Flagg, R. O., & Smith, G. L. (2008). Delineation and distribution of *Zephyranthes* species (amaryllidaceae) endemic to the Southeastern United States. *Castanea*, 73(3), 216–227. <https://doi.org/10.2179/07-23.1>.
- Garima, D., Nisha, S., & Narayan, L. (2016). Role of Radioisotopes in Agriculture. *Marumegh*, 4(4), 22–27. https://www.researchgate.net/profile/Narayan-Lal/publication/341726813_ROLE_OF_RADIOISOTOPES_IN_AGRICULTURE/links/5ed0d904299bf1c67d270960/ROLE-OF-RADIOISOTOPES-IN-AGRICULTURE.pdf.
- Ghosal, S., Sushil, K. S., & Srivastava, R. S. (1975). Alkaloids of *Zephyranthes flava*. *Phytochemistry*, 25(8), 1975-1978. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)81187-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)81187-5).
- Górka, B., Korzeniowska, K., Lipok, J., Wieczorek, P.P. (2018). The Biomass of Algae and Algal Extracts in Agricultural Production. Chojnacka, K., Wieczorek, P., Schroeder, G., Michalak, I. (Eds) *Algae Biomass: Characteristics and Applications*. Developments in Applied Phycology. (pp 103-114). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74703-3_9.
- Gunckel, J. E. (2015). IV. The Effects of Ionizing Radiation on Plants: Morphological Effects. Dávalos L., Thomson D., Wiens J, Wray G. (Eds). *The Quarterly Review of Biology*. (pp 46–56). American Institute of Biological Sciences. <https://doi.org/10.1086/401672>.

- Gupta, S., Stirk, W. A., Plačková, L., Kulkarni, M. G., Doležal, K., & van Staden, J. (2021). Interactive effects of plant growth-promoting rhizobacteria and a seaweed extract on the growth and physiology of *Allium cepa* L. (onion). *Journal of Plant Physiology*, 262 (7), 153437. <https://doi.org/10.1016/J.JPLPH.2021.153437>.
- Gusta, A. R., & Same, M. (2021). The Effect of Organic Fertilizer and NPK on the Growth of the Master Pepper Plants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1012(1) 1-6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1012/1/012028>.
- Hamrick, D. & Beytes Chris. (2003). *Ball RedBook, Volume 2: Crop Production: 17th edition.* (17th edition). Ball Publishing.
- Hanafy, R. S., & Akladios, S. A. (2018). Physiological and molecular studies on the effect of gamma radiation in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) plants. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 16(2), 683–692. <https://doi.org/10.1016/J.JGEB.2018.02.012>.
- He, M., Qu, C., Gao, O., Hu, X., & Hong, X. (2015). Biological and pharmacological activities of amaryllidaceae alkaloids. *RSC Advances* 5(21), 16562–16574. <https://doi.org/10.1039/c4ra14666b>.
- Hobohm, C. (2014). *Endemism in vascular plants.* Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-6913-7>.
- ISO. ISO 1871. 2009a. Food and Feed Products – General Guidelines for the Determination of Nitrogen by Kjeldahl Method, Genève: International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/standard/41320.html>.
- Jaulis C., J. C., & Pacheco A., A. (2018). Fertilización en la producción de bulbos y flor de amancaes (*Ismene amancaes*), bajo condiciones de invernadero. *Anales Científicos*, 79(1), 120–125. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v79i1.1147>.
- Jin, Z., & Yao, G. (2019). Amaryllidaceae and: Sceletium alkaloids. *Natural Product Reports*, 36(10), 1462–1488. <https://doi.org/10.1039/c8np00055g>.
- Joshi, N., Ravindran, A., & Mahajan, V. (2011). Investigations on chemical Mutagen Sensitivity in onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Botany*, 7(3), 243–248. <https://doi.org/10.3923/IJB.2011.243.248>.
- Kamenetsky, R., Dagan, B., & Rabinowitch, H. D. (2006). The Genus *Allium*: A Developmental and Horticultural Analysis. *Horticultural Reviews*. <https://worldveg.tind.io/record/1968>.
- Karavidas, I., Ntatsi, G., Vougeleka, V., Karkanis, A., Ntanasi, T., Saitanis, C., Agathokleous, E., Ropokis, A., Sabatino, L., Tran, F., Iannetta, P. P. M., & Savvas, D. (2022). Agronomic Practices to Increase the Yield and Quality of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A Systematic Review. *Agronomy*, 12(2), 271–310. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020271>.

- Kılıç, O., Boz, İ., & Eryılmaz, G. A. (2020). Comparison of conventional and good agricultural practices farms: A socio-economic and technical perspective. *Journal of Cleaner Production*, 258 (2020), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120666>.
- Kim, M.J., Ahn, D. Y, Kang, J. W., Seo S. Y & Kim, J. B. (2018). Comparison of radiosensitivity response to acute and chronic gamma irradiation in colored wheat. *Genetics and Molecular Biology*, 41(3), 611–623. <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2017-0189>.
- Kohelová, E., Maříková, J., Korábečný, J., Hulcová, D., Kučera, T., Jun, D., Chlebek, J., Jenčo, J., Šafratová, M., Hrabínová, M., Ritomská, A., Malaník, M., Peřinová, R., Breiterová, K., Kuneš, J., Nováková, L., Opletal, L., & Cahlíková, L. (2021). Alkaloids of *Zephyranthes citrina* (Amaryllidaceae) and their implication to Alzheimer’s disease: Isolation, structural elucidation and biological activity. *Bioorganic Chemistry*, 107(2), 104567. <https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2020.104567>.
- Konrath, E. L., Passos, C. D. S., Klein-Júnior, L. C., & Henriques, A. T. (2013). Alkaloids as a source of potential anticholinesterase inhibitors for the treatment of Alzheimer’s disease. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 65(12), 1701–1725. <https://doi.org/10.1111/jphp.12090>.
- Kulhánková, A., Cahlíková, L., Novák, Z., Macáková, K., Kuneš, J., & Opletal, L. (2013). Alkaloids from *Zephyranthes robusta* Baker and Their Acetylcholinesterase-and Butyrylcholinesterase-Inhibitory Activity. *Chemistry & Biodiversity*, 10 (2013), 1120-1127. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201200144>.
- Kumar, S., Kumar, S., & Mohapatra, T. (2021). Interaction Between Macro- and Micro-Nutrients in Plants. *Frontiers in Plant Science*, 12 (1), 753-762. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2021.665583/BIBTEX>.
- Lambers, H. (2022). Annual Review of Plant Biology Phosphorus Acquisition and Utilization in Plants. *Annual Review of Plant Biology*, 73(1.1), 1–27. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-102720>.
- Leszczyńska, B. H., Borys, M. W., & Espejo S., A. (2000). Mexican geophytes - Biodiversity, conservation and horticultural application. *Acta Horticulturae*, 523, 205–210. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.523.26>.
- Ling, L., Dan, W., KeLian, M., Min, C., YiMi, L., XiaoDie, Z., QingQing, Y., ZhengXu, C., Jia, T., Hao, C., & Min, H. (2019). Mutagenic effects of radiation of electron beam to target X-rays on red spider lily and *Zephyranthes grandiflora*. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 32(3), 620–626.
- López-Ferrari, A. Rosa., & Espejo-Serna, Adolfo. (2002). Amaryllidaceae. *Inst. de Ecología*.
- López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., & Cabrera-Rodríguez, J. A. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. *Cultivos Tropicales*, 41(2), 1-20.

- Lubbe, A., Choi, Y. H., Vreeburg, P., & Verpoorte, R. (2011). Effect of Fertilizers on Galanthamine and Metabolite Profiles in Narcissus Bulbs by ¹H NMR. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(7), 3155–3161. <https://doi.org/10.1021/JF104422M>.
- Luo, Z., Wang, F., Zhang, J., Li, X., Zhang, M., Hao, X., Xue, Y., Li, Y., Horgen, F. D., Yao, G., & Zhang, Y. (2012). Cytotoxic alkaloids from the whole plants of *Zephyranthes candida*. *Journal of Natural Products*, 75(12), 2113–2120. <https://doi.org/10.1021/np3005425>.
- Mahanthesh, B., Sajjan, M. R. P., Lakshmana, Harshjvardhan, M., & Vishnuvardhana. (2007). Bulb size and other characters of onion bulb as influenced by combined application of bio-fertilizers with varied levels of NPK in Bellary Red on onion during kharif season under rainfed condition. *Asian Journal of Horticulture*, 2(2), 212–217.
- Majeed, A., Muhammad, Z., Ullah, R., & Ali, H. (2018). Gamma Irradiation I:Effect on Germination And General Growth Characteristics Of Plants-A Review. *Pak. J. Bot*, 50(6), 2449–2453.
- Marschner, H., & Marschner, H. (1995). 8 – Functions of Mineral Nutrients: Macronutrients. Marschner Petra (Eds). *Mineral Nutrition of Higher Plants* (pp 229-312). Springer
- Mayani-Parás, F., Botello, F., Castañeda, S., Munguía-Carrara, M., & Sánchez-Cordero, V. (2021). Cumulative habitat loss increases conservation threats on endemic species of terrestrial vertebrates in Mexico. *Biological Conservation*, 253(1),108864. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108864>.
- Meerow, A. W., & Snijman, D. A. (1998). Amaryllidaceae. Kubitzki Klaus (Eds). *Flowering Plants Monocotyledons* (pp 83–110). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-03533-7_11.
- Minkah, P. A. B., & Danquah, C. A. (2021). Anti-infective, anti-inflammatory and antipyretic activities of the bulb extracts of *Crinum jagus* (J. Thomps.) Dandy (Amaryllidaceae). *Scientific African*, 12 (7), 723-734. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00723>.
- Molnár V., A., Mészáros, A., Csathó, A. I., Balogh, G., Takács, A., Löki, V., Lovas-Kiss, Á., Tökölyi, J., Somlyay, L., & Bauer, N. (2018). Distribution and seed production of the rare, dry grassland specialist *Sternbergia colchiciflora* (Amaryllidaceae) in Pannonian cemeteries. *Tuexenia*, 38 (1), 371–384. <https://doi.org/10.14471/2018.38.015>.
- Morrone, J. J., Escalante, T., & Rodríguez-Tapia, G. (2017). Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. *Zootaxa*, 4277(2), 277–279. Magnolia Press. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4277.2.8>.
- Mousavi Matin, S. R., Mortazavi, S. N., & Heidari, M. (2016). Effects of benzyl adenine and potassium nitrate on some morpho-physiological traits of Narcissus (*Narcissus tazetta* L.). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47(3), 521–529. <https://doi.org/10.22059/ijhs.2016.59814>.
- Nair, J. J., & van Staden, J. (2021). Cytotoxic Agents in the Minor Alkaloid Groups of the Amaryllidaceae. *Planta Medica*. 83(13/12), 916-936. <https://doi.org/10.1055/a-1380-1888>.

- Nair, J. J., & van Staden, J. (2023). Antiviral alkaloid principles of the plant family Amaryllidaceae. *Phytomedicine*, 108(1), 154480. <https://doi.org/10.1016/J.PHYMED.2022.154480>.
- Navabi, Y., Norouzi, M., & Arab, M. (2016). Mutagenesis via Exposure to Gamma-Rays in Tuberose (*Polianthes Tuberosa*). *Electronic Journal of Biology*, 12(2), 168-172.
- Noguera-Urbano, E. A. (2017). El endemismo: diferenciación del término, métodos y aplicaciones. *Acta Zoológica Mexicana*, 33(1), 89–107. <https://doi.org/10.21829/azm.2017.3311016>.
- Pacific Bulb, S. (2017). Pacific Bulb Society. In *Species Eucomis*. <https://www.pacificbulbsociety.org/pbswiki/index.php/Zephyranthes>.
- Padilla, S.A., Rodríguez, M., Alia T. I., Villegas T.Ó., & Guillén S., D. (2016). Propagación vegetativa y sexual de mayito (*Zephyranthes fosteri* Traub y *Z. Lindleyana* Herb.) (Amaryllidaceae). *Acta Agrícola y Pecuaria*, 2(2), 34–42.
- Palit, S., Sharma, A., & Talukder, G. (1994). Effects of cobalt on plants. *The Botanical Review*, 60(2), 149–181. <https://doi.org/10.1007/BF02856575>.
- Pérez-Madruga, Yanebis, López-Padrón, Indira, & Reyes-Guerrero, Yanelis. (2020). Las algas como alternativa natural para la producción de diferentes cultivos. *Cultivos Tropicales*, 41(2), 1-21.
- Peruzzi, L., Adorni, M., Dura, T., Ghillani, L., Pasquali, G., Rignanese, L., Ronconi, D., & Teruzzi, M. (2012). Related papers *Allium cyrilli* (Amaryllidaceae): typification, taxonomy and update of the Italian distribution. *Phytotaxa*, 71(1), 53–58. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.71.1.11>.
- PROFEPA. (9 de marzo 2020). Especies endémicas en México | Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. <https://www.gob.mx/profepa/articulos/especies-endemicas-en-mexico-237094?idiom=es>.
- Rashed, K. (2021). Biological Evidences Of Lycorine: A Review Biological Activities : Anticholinesterase Effect. *International Journal of Science Inventions Today*, 10 (2), 94–99.
- Rodriguez-Ortega, W. M., Martinez, V., Rivero, R. M., Camara-Zapata, J. M., Mestre, T., & Garcia-Sanchez, F. (2017). Use of a smart irrigation system to study the effects of irrigation management on the agronomic and physiological responses of tomato plants grown under different temperatures regimes. *Agricultural Water Management*, 183, 158–168. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2016.07.014>.
- Rojas-Vera, J. del C., Buitrago-Díaz, A. A., Possamai, L. M., Timmers, L. F. S. M., Tallini, L. R., & Bastida, J. (2021). Alkaloid profile and cholinesterase inhibition activity of five species of Amaryllidaceae family collected from Mérida State-Venezuela. *South African Journal of Botany*, 136, 126–136. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.03.001>.
- Schneider, L. S., Mangialasche, F., Andreasen, N., Feldman, H., Giacobini, E., Jones, R., Mantua, V., Mecocci, P., Pani, L., Winblad, B., & Kivipelto, M. (2014). Clinical trials and late-

- stage drug development for Alzheimer's disease: An appraisal from 1984 to 2014. *Journal of Internal Medicine*, 275(3), 251–283. <https://doi.org/10.1111/joim.12191>.
- Sharma, H. S. S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J. R., & Martin, T. (2014). Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. In *Journal of Applied Phycology* 26(1), 465–490. Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0101-9>.
- Sharma, R. K., Saravanan, S., & Kumari, S. (2017). Effect of NPK on plant growth and flowering of *Amaryllis belladonna*. *HortFlora Research Spectrum*, 6(2), 131–133.
- Singh, B., Singh, J., & Kaur, A. (2013). Applications of Radioisotopes in Agriculture. *International Journal of Biotechnology and Bioengineering Research* 4(3), 167-174.
- Singh, U. P., Gohain, L., Maurya, S., Singh, A., Pandey, V. B., & Singh, A. K. (2010). Antifungal activity of two alkaloids of *Zephyranthes citrina* and their field efficacy against powdery mildew (*Erysiphe cichoracearum*) of balsam. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(3), 302–311. <https://doi.org/10.1080/03235400701804067>.
- Spurrier, M. A., Smith, G. L., Flagg, R. O., & Serna, A. E. (2015). A new species of *Zephyranthes* (Amaryllidaceae) from Mexico. *Novon*, 24(3), 289–295. <https://doi.org/10.3417/2014029>.
- Takos, A. M., & Rook, F. (2013). Towards a Molecular Understanding of the Biosynthesis of Amaryllidaceae Alkaloids in Support of Their Expanding Medical Use. *International Journal of Molecular Sciences*, 14 (6), 11713-11741. <https://doi.org/10.3390/ijms140611713>.
- Taner, Y., & Kunter, B. (2004). Determining effective radiation mutagen dose for garlic (*Allium sativum* L.). *Bahce (Yalova)*, 33, 95–99. http://inis.iaea.org/Search/search.aspx?orig_q=RN:47017542.
- Tapia, E. C., Rodriguez, J. M. D., de Los Milagros Revuelta, M. A., Van, J. M. T., & González, R. B. (2012). Mexican geophytes II. The genera *Hymenocallis*, *Sprekelia* and *Zephyranthes*. *Floriculture and Ornamental Biotechnology*, 6(1), 129–139.
- Tlahuextl, C. T., Ávila, J. M. S., & Leszczyńska, H. B. (2005). Flores De Corte Y Follaje En Florerías Y Mercados De Puebla, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(2), 323–327. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2004.04.026>.
- Turkoglu, N., Alp, S., & Cig, A. (2008). Effect of Diamonium Phosphate (DAP) Fertilization in Different Doses On Bulb and Flower of Narcissus. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 4(November 2014), 7–11.
- Ulloa-Ulloa, C., Acevedo-Rodríguez, P., Beck, S., Belgrano, M. J., Bernal, R., Berry, P. E., Brako, L., Celis, M., Davidse, G., Forzza, R. C., Robbert Gradstein, S., Hokche, O., León, B., León-Yáñez, S., Magill, R. E., Neill, D. A., Nee, M., Raven, P. H., Stimmel, H., ... Jørgensen, P. M. (2017). An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science*, 358(6370), 1614–1617.

https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAO0398/SUPPL_FILE/AAO0398_ULLOAULLOA_SM.PDF.

- Vázquez, C., Reed, S. T., & Dunn, C. (2015). Nitrogen Fertilization as Ammonium or Nitrate-N on *Hippeastrum hybridum* Bulb Growth. *Agricultural Sciences*, 6(12), 1547–1554. DOI: <https://doi.org/10.4236/AS.2015.612148>.
- Villaseñor, J. L. (2016). Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 559–902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>.
- Wadley, L., Backwell, L., d’Errico, F., & Sievers, C. (2020). Cooked starchy rhizomes in Africa 170 thousand years ago. *Science*, 367(6473), 87–91. <https://doi.org/10.1126/science.aaz5926>.
- Wang, H. Y., Qu, S. M., Wang, Y., & Wang, H. T. (2018). Cytotoxic and anti-inflammatory active plicamine alkaloids from *Zephyranthes grandiflora*. *Fitoterapia*, 130(10), 163–168. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2018.08.029>.
- Wang, Y., Chen, Y. F., & Wu, W. H. (2021). Potassium and phosphorus transport and signaling in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 63(1), 34–52. <https://doi.org/10.1111/JIPB.13053>.
- Wheeler, E. J., Mashayekhi, S., Mcneal, D. W., Travis Columbus, J., & Chris Pires, J. (2013). Molecular systematics of *Allium* subgenus Amerallium (Amaryllidaceae) in North America. *American Journal of Botany*, 100(4), 701–711. <https://doi.org/10.3732/ajb.1200641>.
- World Nuclear Association. (18 abril 2017). Radioisotope uses for food and agriculture. World Nuclear Association. <https://world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/radioisotopes-research/radioisotopes-in-food-agriculture.aspx>.
- Xi, M., Sun, L., Qiu, S., Liu, J., Xu, J., & Shi, J. (2012). In vitro mutagenesis and identification of mutants via ISSR in lily (*Lilium longiflorum*). *Plant Cell Reports*, 31(6), 1043–1051. <https://doi.org/10.1007/s00299-011-1222-8>.
- Yakhin, O. I., Lubyantsev, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7(1), 1–32. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>.
- Ye, J. Y., Tian, W. H., & Jin, C. W. (2022). Nitrogen in plants: from nutrition to the modulation of abiotic stress adaptation. *Stress Biology*, 2(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/S44154-021-00030-1>.
- Zandalinas, S. I., Fritsch, F. B., & Mittler, R. (2021). Global Warming, Climate Change, and Environmental Pollution: Recipe for a Multifactorial Stress Combination Disaster. *Trends in Plant Science*, 26(6), 588–599. <https://doi.org/10.1016/J.TPLANTS.2021.02.011>.
- Zhan, G., Liu, J., Zhou, J., Sun, B., Aisa, H. A., & Yao, G. (2017). Amaryllidaceae alkaloids with new framework types from *Zephyranthes candida* as potent acetylcholinesterase inhibitors.

European Journal of Medicinal Chemistry, 127, 771–780.
<https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2016.10.057>.

Zhan, G., Zhou, J., Liu, J., Huang, J., Zhang, H., Liu, R., & Yao, G. (2017). Acetylcholinesterase Inhibitory Alkaloids from the Whole Plants of *Zephyranthes carinata*. *Journal of Natural Products*, 80(9), 2462–2471. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.7b00301>.

Zhan, G., Zhou, J., Liu, R., Liu, T., Guo, G., Wang, J., Xiang, M., Xue, Y., Luo, Z., Zhang, Y., & Yao, G. (2016). Galanthamine, Plicamine, and Secoplicamine Alkaloids from *Zephyranthes candida* and Their Anti-acetylcholinesterase and Anti-inflammatory Activities. *Journal of Natural Products*, 79(4), 760–766. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.5b00681>.