

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Niveles de Fertilidad de Elementos Menores y Capacidad de Extracción de
Fertilizantes en Lilis

Por:

BALAMQUITZE MEJÍA HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Enero 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA
Niveles de Fertilidad de Elementos Menores y Capacidad de Extracción de
Fertilizantes en Lilis

Por:

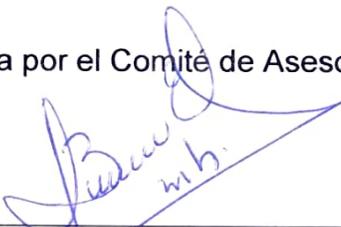
BALAMQUITZE MEJÍA HERNÁNDEZ

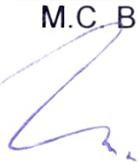
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez
Asesor Principal


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coasesor


M.C. Felipa Morales Luna
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Enero 2024

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Balamquitze Mejía Hernández

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater, por ser mi segunda casa y por todas las experiencias y conocimientos que me llevo de ella, una gran institución formadora de futuros agrónomos.

Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera por brindarme su apoyo, paciencia y dedicación en todo momento para la culminación de este proyecto, de igual manera por haberme compartido sus conocimientos muy valiosos, enseñarme el valor del profesionalismo y humildad, gracias por la amistad que se generó durante este tiempo. Es una gran persona.

A la M. C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez, por haberme brindado su apoyo y dedicación durante todo este proceso, además de los conocimientos, consejos y amistad que me compartió, también por ser una de las mejores docentes y persona que conocí en mi estancia universitaria.

A la M.C. Felipa Morales Luna, por ser parte de este proyecto y dedicarle el tiempo correspondiente.

A mi pareja Paola Stefani, por ser parte importante de mí, quien me motivo siempre y estuvo conmigo en momentos complicados.

A mis amigos, Arturo, Lino, Emmanuel, Deni, Yoav, Josmar, Rafael, Saulo, Levi, Alan, Axel, Azael, José María, Vladimir, Mario Martin, Caín, Jennifer, Narciso, Celmi, Guillermo, Michelle, Luz, Yadira, Naivi, Octavio, Zanella, Rene, Víctor, Hosanna, Daniela, Cano, Camilo, Jovanni, Alberto, Andre, Samuel, Osmar, Mayra, Monce, Helda, Alexis, Alberto, a todos mis demás amigos y conocidos que estuvieron conmigo durante este tiempo, gracias por todos los momentos vividos, esa amistad la llevo siempre conmigo.

DEDICATORIAS

A Dios, por haberme dado la dicha de permitirme culminar uno de mis objetivos y protegerme siempre en cualquier situación por la que he pasado, por haberme dado segundas oportunidades y guiarme en todo momento.

A mi madre Minerva, por ser el pilar de mi vida y familia, siempre has estado para mí como madre y amiga apoyándome, motivándome y confiando en mí, este trabajo también es tuyo, es el reflejo de todo lo que has hecho por mi madre, TE AMO.

A mi padre Saúl, por el cariño, apoyo y confianza que me brindaste en el transcurso de este proceso, gracias por haber estado para mí bajo las circunstancias, te quiero padre.

A mi hermana, por ser una de las personas más importantes en mi vida, que me ha motivado a ser mejor, ha estado para mí cuando lo he necesitado, eres un ejemplo a seguir te quiero tanto.

A mis abuelos, dos personas que quiero tanto, han sido una parte fundamental de mi vida, a mi abuelita Tere y mi abuelito Pedro, aunque se encuentran desde el cielo cuidándome.

A mi prima Josefín, por ser como una hermana para mí y haber poder vivido las mejores cosas juntos hasta la última dedición que Dios tomo, un abrazo y beso hasta el cielo.

A mis tíos, por haberme brindado siempre el apoyo de cualquier manera y haber creído en mí, son una parte muy importante en mi vida y en este proceso.

A mis padrinos y su familia Marlen y Herminio quienes siempre han estado para mí y mi familia, por brindarnos siempre su apoyo y confianza.

A toda mi familia, por ser parte de la historia de mi vida y formación que me ha llevado hasta este punto, los llevo en mi corazón siempre.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE CUADROS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivo general.....	3
1.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Antecedentes del cultivo.....	5
2.2. Taxonomía.....	6
2.3. Producción mundial.....	7
2.4. Producción nacional.....	8
2.5. Morfología del <i>Lilium</i>	9
2.5.1. Bulbo.....	9
2.5.2. Raíz.....	10
2.5.3. Tallo.....	10
2.5.4. Hoja.....	10
2.5.5. Flor.....	10
2.5.6. Inflorescencia.....	11
2.5.7. Fruto.....	11
2.6. Requerimientos edafoclimáticos	11
2.6.1. Suelo	11
2.6.2. pH.....	11
2.6.3. Intensidad lumínica.....	12
2.6.4. Radiación.....	12
2.6.5. Humedad relativa.....	12
2.6.6. Temperatura ambiental.....	12
2.6.7. Hídricos.....	13
2.7. Manejo del cultivo.....	13
2.7.1. Calibre de bulbo y su influencia.....	14
2.7.2. Desinfección de bulbos.....	14
2.7.3. Densidad y medidas de plantación.....	15
2.7.4. Control de malezas.....	15
2.8. Plagas.....	15
2.9. Enfermedades.....	16
2.10. Índice de cosecha.....	17

2.11. Estándares de calidad.....	17
2.12. Nutrición mineral y factores que influyen.....	18
2.13. Importancia de macronutrientes.....	20
2.14. Importancia de micronutrientes.....	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. Ubicación del sitio experimental	38
3.2. Características del sitio experimental	38
3.3. Material vegetativo	38
3.4. Análisis del suelo.....	39
3.5. Establecimiento del cultivo.....	39
3.6. Trasplante.....	40
3.7. Manejo nutricional.....	40
3.8. Manejo sanitario.....	40
3.9. Riegos.....	41
3.10. Preparación de soluciones madre.....	41
3.11. Tratamientos evaluados.....	42
3.12. Descripción de factores.....	43
3.13. Diseño estadístico.....	43
3.14. Modelo estadístico.....	43
3.15. Variables evaluadas.....	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1. Diámetro de tallo (DT).....	46
4.2. Altura de la planta (AP).....	49
4.3. Diámetro ecuatorial del botón floral (DPBF).....	52
4.4. Diámetro polar del botón floral (DPBF).....	56
4.5. Días a floración (DF).....	58
4.6. Diámetro de apertura floral (DAF).....	62
V. CONCLUSIONES.....	65
VI. RECOMENDACIONES.....	66
VII. LITERATURA CITADA.....	67
VIII. CITAS DE WEB.....	78

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1	Valor y volumen de flores exportadas por los principales países exportadores en el 2012	7
2.2	Principales estados productores de México y superficie sembradas con los principales cultivos	8
2.3	Análisis de la tendencia del valor de la producción florícola del Estado de México 2015-2019 (\$ pesos)	9
2.4	Análisis de la tendencia del valor de la producción florícola del Estado de México 2015-2019 (Toneladas)	9
2.5	Especies, variedades e híbridos de lirios	14
2.6	Clasificación de lilis en la Unión Europea	17
2.7	Formas de absorción de los elementos esenciales y nutrientes para el crecimiento de las plantas	18
2.8	Factores que causan deficiencia de elementos minerales.....	20
2.9	Resumen de los principales procesos del ciclo del N	22
3.1	Resultado del análisis de suelo del sitio experimental	39
3.2	Niveles de micronutrientes utilizados durante la investigación (ppm)	41
3.3	Cantidad de fertilizante utilizado para la elaboración de cada solución madre	41
3.4	Descripción de la relación de tratamientos en el cultivo de lilis	42
4.1	Concentración de datos de cuadrados medios	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
2.1	Programa Anual del cultivo de <i>Lilium</i>	13
2.2	Disponibilidad de los nutrientes de acuerdo al pH.....	19
2.3	Funciones del boro y procesos fisiológicos afectados por su deficiencia y síntomas en la planta.....	35
4.1	Respuesta del lili a la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año para el Diámetro de Tallo (DT).....	47
4.2	Respuesta del lili a los niveles de elementos menores de fertilidad para la variable Diámetro de Tallo (DT).	48
4.3	Respuesta del lili a la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año a la Altura de Planta (AP).....	50
4.4	Respuesta del lili a los niveles de fertilidad de elementos menores para la variable Altura de Planta (AP).....	51
4.5	Respuesta del lili a la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año para la variable Diámetro Ecuatorial del Botón Floral (DEBF).....	54
4.6	Respuesta del lili a los niveles de fertilidad de elementos menores para la variable Diámetro Ecuatorial del Botón Floral (DEBF).....	55
4.7	Respuesta del lili a la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año para la variable Diámetro Polar del Botón Floral (DEBF).....	57
4.8	Respuesta de lili a los niveles de fertilidad de elementos menores para la variable Diámetro Polar del Botón Floral (DPBF).....	58
4.9	Respuesta del lili a la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año para la variable Días a Floración (DF).....	60
4.10	Respuesta del lili a los niveles de fertilidad de elementos menores de para la variable Días a Floración (DF).....	61
4.11	Respuesta del lili a la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año para la variable Diámetro de Apertura Floral (DAF)....	63
4.12	Respuesta del lili a los niveles de fertilidad de elementos menores para la variable Diámetro de Apertura Floral (DAF).....	64

RESUMEN

La lili es una de las especies ornamentales de mayor importancia a nivel nacional e internacional debido a que su demanda y producción ha venido aumentando en los últimos años, es una ornamental destinada para flor de corte o maceta que se maneja en suelo e hidropónia, debido a esto su manejo agronómico también es relevante haciendo énfasis en los parámetros nutricionales. Es por ello que el objetivo de esta investigación es obtener información sobre los requerimientos nutricionales de la especie, evaluando los efectos de los diferentes niveles de fertilidad de elementos menores, en relación a distintas capacidades de extracción de fertilizantes en la nutrición mineral sobre la producción de flores de lili. El experimento se estableció el día 23 de mayo del 2022, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El trasplante se realizó con el siguiente arreglo topológico ocupando una cama con cuatro hileras: distancia entre hileras de 20 cm con un pasillo central de 30 cm y distancia entre bulbos de 15 cm. Se implementó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial A x B (3x4), teniendo 12 tratamientos con 3 repeticiones arrojando 36 unidades experimentales en total. Se evaluaron dos factores con su respectiva interacción; el factor A (Capacidad de extracción de fertilizantes), factor B (Niveles de fertilidad de elementos menores). Las variables a evaluar fueron: Diámetro de tallo (DT), Altura de la planta (AP), Diámetro ecuatorial del botón floral (DPBF), Diámetro polar del botón floral (DPBF), Días a floración (DF), Diámetro de apertura floral (DAF). Los resultados obtenidos indican que el diámetro del tallo tiene un incremento hasta la capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año y respecto a los niveles de fertilidad de elementos menores tienden a incrementar el valor conforme va aumentando el nivel. Para la variable altura de planta es satisfactoria una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año y un nivel bajo de fertilidad de elementos menores. En el diámetro ecuatorial del botón floral los valores más altos se reportaron hasta la capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año mientras la de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año disminuyo 0.48%, teniendo una relación con los niveles altos de fertilidad de elementos menores, donde también hubo una disminución del 0.32% y los mejores valores se reportaron en los niveles medios y bajos. Para los valores del diámetro polar del botón floral se obtuvo una respuesta significativa para la capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año, mientras para el factor B no se vio influenciado, pero se encontraron valores favorables en el nivel medio y bajo. En la variable días a floración se encontró que la flor tarda más días a la apertura floral con una capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año al igual que cuando se implementa un nivel de fertilidad alto de elementos menores y es más precoz en con un nivel medio. Por último, la variable diámetro de apertura floral se encontró una respuesta altamente significativa para el factor A, donde la capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año incrementa los valores, mientras el uso de un nivel de fertilidad bajo de elementos menores incrementa estos valores.

Palabras clave: Lili, capacidad de extracción, niveles de fertilidad de elementos menores

I. INTRODUCCIÓN

La floricultura, es una actividad económica que se encuentra distribuida aproximadamente en 150 países del mundo. Actualmente, su producción y comercialización se le atribuye principalmente a la Unión Europea, donde se tienen los registros superiores de consumo per cápita, seguido por América del Norte y Japón, estos sitios predominan por considerarse mercados tradicionales primeros en el tiempo al tener los mayores volúmenes de producción y consumo a nivel mundial, (Ramírez y Avitia, 2017).

La importancia del género de los lirios dentro de las especies bulbosas, es uno de los principales internacionalmente, debido a la variedad de colores, resultantes de la hibridación entre especies orientales-asiática, además de la accesibilidad de la flor y su producción en sistemas intensivos durante todo el año. Mundialmente Holanda posee el monopolio de producción de bulbos de lilis para distintos fines como ornamental de corte, maceta y jardinería. Sin embargo, las empresas holandesas que cuentan con derechos de obtentor, exportan el material de producción a Chile con el objetivo de aumentar el calibre del bulbo para ser comerciales (10 – 20 cm), (Rómulo y Barbarita, 2018).

En México se concentra principalmente la producción en el Estado de México (61.4%), Puebla (14.5%), Morelos (7.6%), Distrito Federal (3.8%), Jalisco (3.2%), Michoacán (2.6), Baja California (2.1%) y el resto del país (4.8%). El corredor florícola se compone por Villa Guerrero (54.03%), Tenancingo (17.62%) y Coatepec de Harinas (14.09%), ascendiendo a un valor de 3,042,958.17 millones de pesos en 5,106 Ha en 2014. Con respecto a lo anterior es una actividad económica que se distribuye en 26 estados de México, generando 188,000 mil empleos fijos, 50,000 mil parciales y hasta un millón de indirectos, (Ramírez y Avitia, 2018).

Se tuvo un aumento de producción en el sector florícola sobre 4 de las 7 especies ornamentales más destacadas en México durante el 2019, siendo: girasol, rosa, gerbera y lili. En lo que respecta a la producción de lili, se registró un aumento del 3.6% (762 mil 155 gruesas) en su total de producción, siendo el Estado de México participe con el 84.5% y destacando Veracruz con un acrecentamiento del 13.6% respectivamente, (SADER, 2022).

Siendo así, es una de las especies que ha cobrado mayor importancia en el mercado nacional e internacional como flor de corte, debido a que su manejo en producción es más sencillo en comparación con otras especies y en lo que se refiere a requerimientos nutricionales y condiciones edafoclimáticas, (Álvarez, *et al.*, 2008).

Sin embargo, se debe de tener presente la concentración de cada elemento mineral dentro de los tejidos en las plantas, con el fin de determinar su esencialidad en el diagnóstico de suficiencia, deficiencia y exceso de cada elemento. Teniendo en cuenta que existen factores que afectan la absorción o concentración de estos mismos, dentro de estos factores destacan: la fenología de la planta, tejido analizado, fertilidad del suelo y tipo de especie. A lo que corresponde de este cultivo, se cuenta con poca información sobre los niveles de nutrición por falta de investigaciones, haciendo que las recomendaciones sean delimitadas o contradictorias y generalmente determinadas únicamente por las dosis de agroquímicos, (García, *et al.*, 2015).

1.1. Objetivo general

Obtener información sobre los requerimientos nutricionales de la especie, evaluando los efectos de los diferentes niveles de fertilidad de elementos menores, en relación a distintas capacidades de extracción de fertilizantes en la nutrición mineral sobre la producción de flores de lilis.

1.2. Objetivos específico

- Evaluar tres niveles diferentes de fertilidad de elementos menores y tres capacidades de extracción de fertilizantes distintas en el cultivo de lilis.
- Determinar el nivel de fertilidad óptimo de elementos menores y la capacidad de extracción de fertilizantes que incurre de manera positiva en la producción para propiciar calidad en las plantas de lilis.

1.3. Hipótesis

La aplicación de al menos un tratamiento tendrá un impacto positivo en el aumento de rendimiento y calidad en las flores de lilis.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes del cultivo

El género *Lilium* tiene sus orígenes en el continente asiático, específicamente en las tres islas pequeñas al sur de Japón (Amami, Erabu y Okinawa), (Villalobos, 2013), en comparación con Calderón (2012), quien menciona que su descendencia es de las zonas montañosas del Himalaya de la cual se extendió a Japón, Taiwán y EUUA. Sin embargo, el centro de distribución mundial se le atribuye a Holanda, ya que desde el siglo XV empezaba a ser participe como cultivo.

En el siglo XVII se utilizaba con fines curativos para músculos contraídos y picaduras mientras el extracto de aceite era utilizado en personas que padecían de lepra, fiebre, heridas graves y en partos, siendo hasta el siglo XVIII cuando el *Lilium* toma mayor importancia en Asia y Europa donde se le atribuye como patente, (Peceros, 2020).

La distribución de este género se percibe aproximadamente en un centenar de especies expandidas sobre el hemisferio norte, principalmente en las zonas templadas. En Asia se pueden localizar de 50 a 60 especies, en América del Norte se encuentran 24 especies y 12 especies en Europa, (Colque, 2016).

En los últimos años, particularmente en 2018 la mayor producción de bulbos era atribuida a Países Bajos con una cantidad de 2,755,866 Ha; sin embargo, la producción de este cultivo se fue extendiendo a países como Japón, EUUA, Australia, Chile y Sudáfrica. Debido a su importancia se ha posicionado en uno de los primeros 5 lugares en floricultura, como ornamental de corte, (Imbago, 2021).

2.2. Taxonomía

En el trabajo de Mamani (2013), se define la clasificación taxonómica de la siguiente manera:

Reino: Planta

Filo: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Lilidae

Orden: Liliales

Familia: Liliaceae

Subclase: lilioideae

Género: *Lilium*

Especie: *Lilium* sp

Nombre común: *Lilium*, lirio o azucena

Según Calderón (2012), hace referencia al género en su clasificación mediante la base de Royal Horticultural Society y la American Lily Society, en donde comprende 9 divisiones con sus subdivisiones que se presentan de la siguiente manera:

División I: Híbridos asiáticos

División II: Híbridos margaton

División III: Híbridos candidum

División IV: Híbridos americanos

División V: Híbridos longiflorum.

División VI: Híbridos trompeta

División VII: Híbridos orientales

División VIII: Todos los híbridos no señalados en la división anterior

División IX: Contiene todas las especies verdaderas y sus formas

2.3. Producción mundial

Durante los últimos 20 años el mercado global de flor de corte y bulbos destinados para consumo en fresco, ha tenido un aumento significativo de U\$3.7 billones de dólares en el año 2000, posteriormente para el año 2020 fue de U\$7.9 billones, haciendo constar que la tasa compuesta de crecimiento anual (CAGR) fue de 3.9% con un incremento global de 114%, (Chavarro, 2022).

Cortez (2013), menciona que Países Bajos lideraron la lista sobre las exportaciones de flores ocupando el 50%, Colombia con el 14%, Ecuador 8%, Kenya 6%, Etiopía 6% y el resto ocupó el 15% del valor total como se muestra en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Valor y volumen de flores exportadas por los principales países exportadores en el 2012.

País	Valor de Producción Exportado 2012 (Millones de dólares)	Volumen de Producción Exportado 2012 (Toneladas)
Países Bajos	4.602	705.730
Colombia	1.270	201.949
Ecuador	590	125.839
Kenya	526	103.765
Etiopía	251	125.839
Bélgica	121	-----
Malasia	90	77.741
China	84	28.700
Italia	79	11.127

Fuente: Cortez, (2013).

La información anterior coincide en las posiciones de los países productores, sin embargo, difiere en los porcentajes reportados con Núcleo Ambiental S.A.S., (2015), quien menciona que, en el año 2013, el principal exportador de flores de corte a nivel mundial fue Países Bajos con el 50% con respecto al 100% de la exportación mundial, seguido por Colombia 15%, Ecuador 9% y Kenya con el 7%. En el mismo año, pero en importaciones, Estados Unidos participó con el 15% con

respecto al 100% de la importación mundial, en segundo lugar, Alemania 15%, Reino Unido 13%, Países Bajos 10% y la Federación Rusa con 9%.

2.4. Producción Nacional

De acuerdo con las estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en el 2019 se registró una producción de 696,705 gruesas en el estado de México en una superficie de 225 Ha y 1,116,283 plantas producidas bajo invernadero en la ciudad de México en siete Ha cosechadas, (Ver cuadro 2.2), (SADER, 2020).

Cuadro 2.2. Principales estados productores de México y superficie sembradas con los principales cultivos.

Estado	Superficie sembrada (Has)	Principales cultivos
México	5,392.00	Crisantemo, gladiola, clavel, rosa, nube, girasol, aster, ave de paraíso, nardo, alhelí, dólar, lili, statice, terciopelo, gerbera, cempasúchil, agapando, solidago, astromelia, inmortal, noche buena, geranio, begonia, linaza ornamental, petunia, alpiste ornamental, cineraria, rosa (planta), calancoe, cliclamen, polar.
Puebla	3,628.00	Gladiola, cempasúchil, nube, plantas de ornato, alhelí, flores (gruesa), statice, crisantemo, rosa, noche buena.
Morelos	1,227.90	Gladiola, rosa (gruesa), nardo (gruesa), noche buena, crisantemo, pasto (tapete), polar, cempasúchil.
Guerrero	513	Gladiola, nardo, cempasúchil, margarita, pasto (tapete), terciopelo, nube, rosa, flor perrito.
Michoacán	476.4	Gladiola, ave de paraíso, cempasúchil, nube, rosa, mano de león, noche buena, inmortal, <i>Gypsophila</i> .

Fuente: GEM, SEDAGRO. Unidad Sectorial de la Información (2004), citado por Carrillo (2017).

De acuerdo a la Unidad de Información, Planeación, Programación y Evaluación Subdirección de Información y Estadística (2020), en el estado de México se obtuvieron los siguientes valores en la tendencia de valor en pesos y volumen en toneladas de la producción florícola del periodo 2015–2019 de diferentes especies, entre ella se encuentra el *Lilium*, (Ver cuadro 2.3 y 2.4).

Cuadro 2.3. Análisis de la tendencia del valor de la producción florícola del Estado De México 2015-2019 (\$ pesos).

No.	Especie	2015	2016	2017	2018	2019
1	Crisantemo Gruesa	999,351,253	1,712,309,619	1,802,720,319	1,816,489,754	1,680,503,381
2	Rosa Gruesa	1,223,388,389	1,125,082,025	1,441,580,366	1,643,010,153	1,557,774,789
3	Clavel	306,913,211	332,982,542	407,710,103	521,676,969	834,782,578
4	Aster	52,205,848	86,554,597	94,506,786	78,371,435	595,668,721
5	Gladiola	233,196,135	369,315,577	387,948,851	469,648,247	508,988,527
6	Gerbera	273,189,733	285,712,312	313,516,952	370,896,537	414,379,082
7	<i>Lilium</i>	261,883,446	301,903,678	418,853,440	165,886,193	294,411,032
8	Árbol de navidad	300,795,016	92,413,153	105,341,686	132,908,489	146,873,24
9	Nochebuena	34,503,667	41,850,262	45,355,947	52,589,181	42,086,729
10	Alstroemeria	36,392,958	44,133,271	55,957,188	57,032,542	62,474,061

Fuente: Elaborado por la Unidad de Información, Planeación, Programación y Evaluación Subdirección de Información y Estadística, (2020).

Cuadro 2.4. Análisis de la tendencia del valor de la producción florícola del Estado De México 2015-2019 (Toneladas).

No	Especie	2015	2016	2017	2018	2019
1	Crisantemo Gruesa	98,880,714	9,680,423	110,060,287	10,197,133	110,488,346
2	Rosa Gruesa	5,332,900	6,462,494	6,887,909	7,022,706	7,134,317
3	Aster	5,460,282	5,892,965	5,925,672	6,112,433	5,467,125
4	Clavel	3,367,686	3,391,682	3,396,059	3,765,440	3,945,797
5	Geranio	233,196,135	369,315,577	387,948,851	469,648,247	508,988,527
6	Solidago	273,189,733	285,712,312	313,516,952	370,896,537	414,379,082
7	Gladiola	261,883,446	301,903,678	418,853,440	165,886,193	294,411,032
8	Rosa Plata	300,795,016	92,413,153	105,341,686	132,908,489	146,873,24
9	Cyclamen	34,503,667	41,850,262	45,355,947	52,589,181	42,086,729
10	Gerbera	36,392,958	44,133,271	55,957,188	57,032,542	62,474,061
18	<i>Lilium</i>	577,243	627,795	861,285	342,955	819,216

Fuente: Elaborado por la Unidad de Información, Planeación, Programación y Evaluación Subdirección de Información y Estadística, (2020).

2.5. Morfología del *Lilium*

2.5.1. Bulbo

Briceño (2019), menciona que un porcentaje mayor de los bulbos de lilis son escamosos, los cuales constan de un plato basal, donde se incrustan las hojas modificadas (escamas) clasificándose en internas y externas, teniendo la función de contener sustancias de reserva y agua. Este tipo de estructuras presentan daños al estar expuestos al sol por lapsos largos o en periodos de sequía.

La calidad de la flor dependerá en parte del calibre del bulbo y condiciones presentes. Se usan calibres grandes para temperaturas altas (verano), al igual

cuando la intensidad lumínica es menor, sin embargo, algunas variedades de híbridos asiáticos y orientales sufren quemaduras en hojas por implementar calibres mayores. En caso de los híbridos asiáticos se recomienda utilizar calibres no menores a 10/12 para garantizar una calidad de flor adecuada, (Maturana, 2012).

2.5.2. Raíz

Esta especie tiene la particularidad de tener 2 tipos de raíces; las basales, situadas en la base del bulbo o disco basal, son carnosas, perenes, no se renuevan cada año, con tonos marrones que después oscurecen; teniendo longitudes de 15 -20 cm y un grosor de 2 a 3 mm de diámetro. Las raíces adventicias caulinares ubicadas en la parte donde emerge el tallo; de 1 a 3 cm de longitud y diámetro de 1 mm; al inicio con tonalidades blanco hialino, posteriormente pálidas, (Cumes, 2020).

Los dos tipos de raíces cumplen con la finalidad de absorber nutrientes y agua, algo particular, es que las raíces adventicias llegan a suplir el 90% de las funciones de las basales en un destinado tiempo, (Vázquez, 2014).

2.5.3. Tallo

Peceros (2020), indica que el tallo es de forma simple, cilíndrico y erecto de a 2 cm de diámetro, robusto en tonalidades pigmentadas y oscuras; siendo aéreo el cual emerge del disco basal ubicado en el interior del bulbo.

2.5.4. Hoja

Se trata de una hoja tipo lanceolada u ovalo-lanceoladas, de color verde intenso, con longitudes de 10 a15 cm, de ancho 1 a 3 cm; con nervadura paralela. También se pueden encontrar sésiles y pecioladas dependiendo la especie, al igual que basales, pudiendo ser pubescentes o sin tricomas. Su filotaxia es alterna, pero también pueden ser verticiladas regularmente al redor del tallo, (Colque, 2016).

2.5.5. Flor

La flor es el órgano primordial, su tipo de polinización se denomina cleistogamia. Comprende extensas tonalidades de colores sólidos y mixtos. El perianto se compone de un cáliz con 3 sépalos y córala de 3 pétalos, por lo que en floración se

observan más angostos; esto se debe que los sépalos son visibles antes de la antesis y posteriormente se tornan del color de los pétalos, concluyendo que al estar fusionados los sépalos y pétalos dan origen a tener 6 tépalos. Presentan 6 estambres con anteras de color versátil y un ovario supero trilocular con un estigma prolongado que concluye en un estigma trilobulado, (Calderón, 2012).

2.5.6. Inflorescencia

Gámez (2005), menciona que es tipo umbrela, donde todos los tallos florales surgen en un sitio del tallo principal o presentarse como flor terminal. También se pueden encontrar como racimo, denominada así porque es una sucesión de tallos florales a lo largo del tallo, cada uno teniendo una o más flores terminales.

2.5.7. Fruto

Ibáñez (2016), hace referencia, que es una cápsula trilocular con dehiscencia loculicida independiente (apertura espontánea), el cual contiene alrededor de 200 semillas siendo generalmente aplanadas y aladas.

2.6. Requerimientos edafoclimáticos

2.6.1. Suelo

Es un cultivo sensible a la salinidad, prefieren suelos de textura suelta con buen drenaje, ricos en materia orgánica y con profundidad aproximada de 40 cm con el fin de facilitar una adecuada formación del sistema radicular al igual que el lavado de sales (Espinosa, *et al.*, 2011)

2.6.2. pH

El pH es un parámetro fundamental en el cultivo de lilis, un valor adecuado mejora el desarrollo radicular y asimilación de nutrientes, teniendo en cuenta que en pH bajos ocasiona una absorción excesiva de Mg, Al, y Fe mientras que en pH altos disminuye la absorción de P, Mn y Fe. En híbridos asiáticos, Longiflorum y L/A se recomienda tener valores de 6 –7 y en los orientales de 5.5 – 6.5, (Villalobos, 2013).

2.6.3. Intensidad lumínica

Una tasa de luminosidad baja puede provocar la aparición de hojas pálidas, tallos débiles, aborto floral y menor vida postcosecha o florero. Estos problemas son principalmente en híbridos asiáticos, siendo mayor en invierno y cuando se emplea malla sombra en condiciones críticas (se usa cuando los botones florales son visibles), en esta etapa son más susceptibles a la falta de luz; mientras que un exceso principalmente en verano provocara una disminución de tamaño por entrenudos más cortos, (Peceros, 2020).

2.6.4. Radiación

Es considerada una planta de día largo demandando 12 a 16 horas de luz por día, si esto no es suplementado asociándolo con temperaturas altas tiene como consecuencia disminución en rendimientos y calidad de la flor, debido a la presencia del aborto y abscisión del botón floral, (Reyes, 2016).

2.6.5. Humedad relativa

Al tener alteraciones constantes de HR puede ocasionar quemaduras en las hojas y estrés en las plantas primordialmente en cultivares de variedades sensibles, por lo que se recomienda que los valores estén entre 80 – 85%, (Flores, 2013).

2.6.6. Temperatura ambiental

García (2020), menciona que para un óptimo desarrollo el rango va de 18 – 21 °C diurnos y nocturnos de 10 – 12 °C, con crítica de -2°C. Para los híbridos asiáticos en el día oscila entre 14 – 17 °C, con máxima de 20 – 25 °C y nocturna de 8 – 10 °C, sin embargo, en etapas tempranas durante el desarrollo radicular la temperatura debe ser baja de 12 – 13°C. Por lo general es un cultivo que se maneja en invernaderos, pero a temperaturas mayores es necesario implementar cubiertas malla sombra (50% de sombra), teniendo en cuenta que los orientales son más tolerantes a la falta de luz que los asiáticos.

2.6.7. Hídricos

Las tres primeras semanas la humedad del suelo son críticas por lo cual los riegos deben de ser frecuentes y en lapsos cortos evitando encharcamientos. Esto disminuirá la temperatura del suelo y la concentración de sales, favoreciendo el desarrollo de las raíces del tallo. Tres semanas antes del corte se tiene otro punto crítico por el consumo máximo de agua. el contenido de sales en el agua no debe ser menor a 1 g/L y 400 mg/L de cloruros, (Flores, 2019).

2.7. Manejo del cultivo

El siguiente esquema fue recopilado del trabajo de Gross Consultores Asociados VIAGRO Ltd. (2002), siendo la Figura. 1, donde se muestra un ejemplo de la planificación anual del cultivo de *Lilium*, periodos de cosecha y preparación de bulbos.

Programación Anual Cultivo del Lilium		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2				
														3	4	5	6	7	8	9	0	1	1	2	2				
		Cosecha																											
		Bulbos preparados												Preparación															
		Junio			Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre									
		2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
		3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
		Cosecha																											
		Preparación																											
		Bulbos preparados																											

Figura 2.1. Programa Anual del cultivo de *Lilium*.

2.7.1. Calibre de bulbo y su influencia

De acuerdo con Morales y Arbeláez (2014), en la Figura 2.5, se muestra la influencia de los calibres de bulbos comerciales y promedio de flores respecto a la especie, variedad e híbrido; al igual que el periodo de crecimiento y su altura.

Cuadro 2.5. Especies, variedades e híbridos de lirios.

Nombre	Altura (cm)	Días a crecer	Número de flores en relación al calibre del bulbo (cm)					
			10/12	12/14	14/16	16/18	18/20	20+
Asiáticos								
Arsenal (roja)	105-115	75-85	3-5	4-6	5-8	7-9	8-10	-
Bariton (naranja)	100-110	90-100	3-4	4-6	5-7	6-8	7/+	-
Cancun (amarilla)	110-120	90-100	2-5	4-6	5-8	7-10	-	-
Elodie (rosada)	110-120	80-90	3-5	4-6	5-7	6-8	7/+	-
Fata Morgana (amarilla)	100-110	70-80	2-5	3-5	4-6	-	-	-
LA Híbrido								
Arbatax (rosado)	120-130	80-90	1-3	2-4	3-5	4-6	5-7	7/+
Courier (crema)	100-110	80-90	1-3	2-3	3-4	4-5	5-6	5/+
El Divo (amarillo)	120-130	90-100	-	4-6	5-7	6-8	8/+	-
Forza Red (rojo)	100-110	80-90	1-3	2-4	3-5	4-6	5-7	6-8
Indian Summerset (rosada)	130-140	90-100	-	2-4	3-5	4-6	5-7	-
Nova Scotia (blanco)	90-100	80-90	2-3	3-4	3-5	5-6	6-7	7-9
Rebbiano (naranja)	120-130	80-90	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-9
Lirios orientales								
Acapulco (rosado)	120-130	80-90	1-3	2-4	3-5	4-7	6/+	-
Chill Out (amarillo)	100-110	120-130	-	2-3	4-5	5-7	6-8	8/+
Cobra (rojo)	70-80	100-110	-	1-3	2-4	3-5	4-6	5-7
Cristal Blanca (blanco)	120-130	110-120	-	2-3	3-5	4-6	7/+	-
Starfighter (rosada)	80-100	90-105	-	2-4	3-5	4-6	6/+	-
OA Híbridos								
Kaveri (amarillo)	12.-130	80-90	-	3-6	5-7	6-9	8-11	10/+
OT Híbridos								
Acapulco (rosado)	135-145	90-100	-	1-2	1-3	2-4	3-6	5-8
Cobra (rojo)	110-120	90-100	-	1-2	2-3	3-4	5-7	-
Cristal Blanca (blanco)	90-100	90-100	1-2	2-3	3-5	4-6	5-7	6-9
OT Híbridos								
Faith (rosada)	100-110	90-100	1-2	1-3	2-3	3-4	-	-
Illusive (blanca)	130-140	110-120	-	1-2	1-3	1-4	2-4	-
Pink Heaven (rosada)	110-120	90-100	-	1	1-2	1-3	-	-
OT Híbridos								
Faith (rosada)	100-110	90-100	1-2	1-3	2-3	3-4	-	-
Illusive (blanca)	130-140	110-120	-	1-2	1-3	1-4	2-4	-
Pink Heaven (rosada)	110-120	90-100	-	1	1-2	1-3	-	-

Fuente: Adaptado del Lily Book (s. f.) citado por Morales y Arbeláez, (2014).

2.7.2. Desinfección de bulbos

Proceso para cumplir con 2 propósitos; uno de ellos es la hidratación del bulbo antes de ser plantado para favorecer el brote principal en la primera fase del cultivo y el otro es la desinfección de los mismos para evitar problemas con enfermedades como *Phyrium* y *Fusarium*, esta actividad se realiza introduciendo los bulbos en una solución de 1,5 y 3 g/L de tiram y benomilo al 50% durante 15 – 30 min, (Martínez, 2018).

2.7.3. Densidad y medidas de plantación

La densidad de plantación está determinada por el tamaño del bulbo, época, vigor, área floral, condiciones climáticas, etc. Por lo regular de 35 a 55 bulbos/m² a una profundidad de 6 – 8 cm en invierno y 8 – 10 cm en verano, debido al tipo de desarrollo radicular que poseen, puesto que, a mayor profundidad, mayor cantidad de raíces del tallo. Al trasplantar, el meristemo apical del bulbo se coloca vertical, sin girar, ni presionar para evitar daños al disco basal. Por ser un cultivo sensible a la salinidad se recomienda evitar enmiendas antes de la plantación, si se cuenta con un contenido bueno de M.O., (Fancescangeli y Marinangeli, 2018).

2.7.4 Control de malezas

Según Verdugo, *et al.*, (2007), hacen referencia a los siguientes productos para cada etapa, teniendo en cuenta que las dosificaciones dependerán de la calidad del suelo o porcentaje de materia orgánica resultante de un análisis de suelo y especificaciones de la etiqueta:

Emergencia: Praquat, Diquat o Glifosato en toda la superficie.

Preemergencia (hoja ancha): Linuron (Afalon, Lorox 50%) a 1 Kg/ha + Lenacilo (Venzar, Lenacilo) a 1L/ha en 700–1000 Lagua/ha.

Plena emergencia: Cloridazon (Pyratim, Cloridazon) en malezas con 2 cotiledones

Post emergencia (hoja ancha): Metamitron (Goltix, Metamitron) de 2–3 Kg/ha + aceite mineral o Ausulam (Asulox) a 2,5–3 L/ha.

Para malezas gramíneas: Asurre, Gallant, etc. se puede aplicar aceite miscible (citroliv) ya que el *Lilium* no es sensible a productos abrasivos.

2.8. Plagas

Pulgones *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*

Los áfidos succionan las sustancias elaboradas en los tejidos de la planta principalmente se observa en la parte apical y en tejidos o brotes tiernos. El área foliar afectada toma un aspecto encrespado y en daños severos provoca

deformaciones en botones florales que inician con manchas de color verde y al tener la flor abierta de igual manera aparecerán deformes, (Flores, 2022).

Acaro del bulbo Rhyzoglyphus echinopus

Este acaro genera galeras en las escamas del bulbo, donde se resguardan numerosas colonias, ocasionando ablandamiento y posteriormente pudrición. Al establecer el cultivo las plantas se ven deformadas con hojas pequeñas y amarillas. En los daños secundarios, participa como vector de enfermedades por bacterias y hongos que se transmiten al bulbo, al estar presente en cualquier condición ya sea en invernadero, cielo abierto y almacén, (Ibarra, 2012).

Trips Frankliniella occidentalis

Los daños directos que ocasiona, es el manchado y malformaciones de los botones florales, también la reducción de los entre nudos. El principal daño secundario es la transmisión de virus al ser un vector, (Katherine, 2020).

2.9. Enfermedades

Virus de las manchas necróticas de la azucena o virus Symptomless Carlavirus (LSV), virus Lily Motte Potyvirus (LMoV) y virus Cucumber Mosaic (CMV)

El virus de las manchas necróticas de la azucena es el principal causando clorosis no tan severa en nervaduras, el virus *Lily Motte Potyvirus* se puede presentar como moteados, mosaicos, clorosis en nervaduras y bandas cloróticas en las hojas, mientras que los síntomas de CMV son parecidos al anterior por lo que es poco difícil de diagnosticar. Al ser un complejo, la severidad es mayor provocando senescencia de forma prematura en hojas, botones y flores, (Chinestra & Marinangeli, 2011).

Pudrición de bulbos, escamas y manchado del tallo Fusarium oxysporum

Las plantas presentan retraso de crecimiento con podredumbre parda oscura, debido a un marchitamiento vascular, iniciando por el disco basal, donde las escamas presentan manchas café oscuro dando paso a un amarilleamiento

ascendente que desencadena manchas alargadas en el tallo de color parda–anaranjado que avanzan a la medula del tallo, mientras los botones florales se marchitan u ocurre un desequilibrio en la antesis. Al estar presente en los tejidos vasculares se pudre el bulbo y con ello la muerte de la planta, (Cumes, 2020).

Botrytis Botrytis elliptica y B. cinerea

El síntoma principal son manchas marrones de aspecto húmedo con centro de color diferente y ligeramente hundido en forma de lagrima o bote presentándose en cualquier parte de la planta. El mayor daño se presenta en las hojas basales, mientras que en la flor se observan manchas bronceadas a morrones. Con forme el tejido va muriendo, el follaje va declinando tornándose de un color gris borroso junto con la esporulación del hongo en periodos húmedos, (Doss, *et al.*, 1988).

2.10. Índice de cosecha

El índice de cosecha está determinado cuando de 2 a 3 botones florales empiezan a tornarse del color de la variedad, indicando que están próximos a la antesis. Una recolección anticipada conlleva a un desorden en la apertura del botón y en contradicción al retrasarla ocasiona la apertura total de los botones ocasionando el desprendimiento de polen, disminuyendo su calidad, (Mamani, 2017).

2.11. Estándares de calidad

Después de haber realizado el corte se procede a desojar la parte basal a una altura de 10 cm de cada planta, posteriormente se transporta al área de postcosecha para la elaboración de paquetes de 10 plantas cada uno y su clasificación como se muestra a continuación o dependiendo al tipo de mercado:

Cuadro 2.6 Clasificación de lilis en la Unión Europea

Calidad	Long. tallo (cm)	Flores/tallo	Punto de corte
Súper extra	>100	9	Con color y sin eclosionar las 2 primeras flores inferiores.
Extra	90-100	7	Con color y sin eclosionar las 2 primeras flores inferiores.
Primera	90-80	5	Con color y sin eclosionar las 2 primeras flores inferiores
Segunda	80-70	4	Con color y sin eclosionar las 2 primeras flores inferiores.

Fuente: Cárdenas (2021).

2.12. Nutrición mineral y factores que influyen

Los niveles de referencia para establecer una solución nutritiva en suelo están condicionados por diferentes factores, entre los que se encuentra principalmente el tipo de material genético, calidad de agua, la variación en su ciclo dependiendo de los requerimientos y condiciones edafoclimáticas presenten. Se requiere conocer la profundidad y dinámica de los nutrientes antes y durante su aplicación, (Hernández, *et al.*, 2014).

Las referencias de las soluciones para suelo son poco conocidas o solo son basadas en ciertos elementos, por lo cual se deben de ajustar a los niveles o concentraciones efectivas para la absorción de los nutrientes por las plantas. Teniendo en cuenta las interacciones entre los nutrientes que puedan generar un desbalance, como precipitación, reacción o cualquier factor limitante a las necesidades del cultivo (Santos y Ríos 2016). Por otra parte, tomar en cuenta la capacidad de extracción de nutrientes en un lapso determinado es importante al implementarla para llegar a los rendimientos esperados basados en un programa de nutrición, (Furcal, 2017).

Las formas de absorción de los elementos minerales es un factor importante al elaborar una solución nutritiva porque es la forma en que las plantas los van asimilar de la solución del suelo y de esta manera los cálculos serán más eficientes como lo mencionan Favela, *et al.*, (2006), (Ver cuadro 2.7)

Cuadro 2.7. Formas de absorción de los elementos esenciales y nutrientes para el crecimiento de las plantas.

Elemento	Símbolo	Formas de absorción	Símbolo	Elemento	Formas de absorción
Carbono	C	CO ₂	Zn	Zinc	Zn ²⁺ , Zn(OH) ₂ ⁰
Hidrogeno	H	H ₂ O	Mn	Manganeso	Mn ²⁺
Oxigeno	O	H ₂ O, O ₂	Cu	Cobre	Cu ²⁺
Nitrógeno	N	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁺	B	Boro	B(OH) ₃
Fosforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	Mo	Molibdeno	MoO ₄ ²⁺
Potasio	K	K ⁺	Cl	Cloro	Cl ⁻
Calcio	Ca	Ca ²⁺	Si	Silicio	Si(OH) ₄
Magnesio	Mg	Mg ²⁺	Na	Sodio	Na ⁺
Azufre	S	SO ₄ ²⁻	Co	Cobalto	Co ²⁺
Hierro	Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	V	Vanadio	V ⁺

Fuente: (Favela, *et al.*, 2006).

La disponibilidad de los elementos minerales esta principalmente condicionada por el tipo de pH en el que se maneje, ya sea en la solución del suelo o en hidroponía, al estar disponibles en el valor adecuado podrán ser absorbido y asimilado de manera correcta, (Ver figura 2.2), (Cooper y Ghanem 2017).

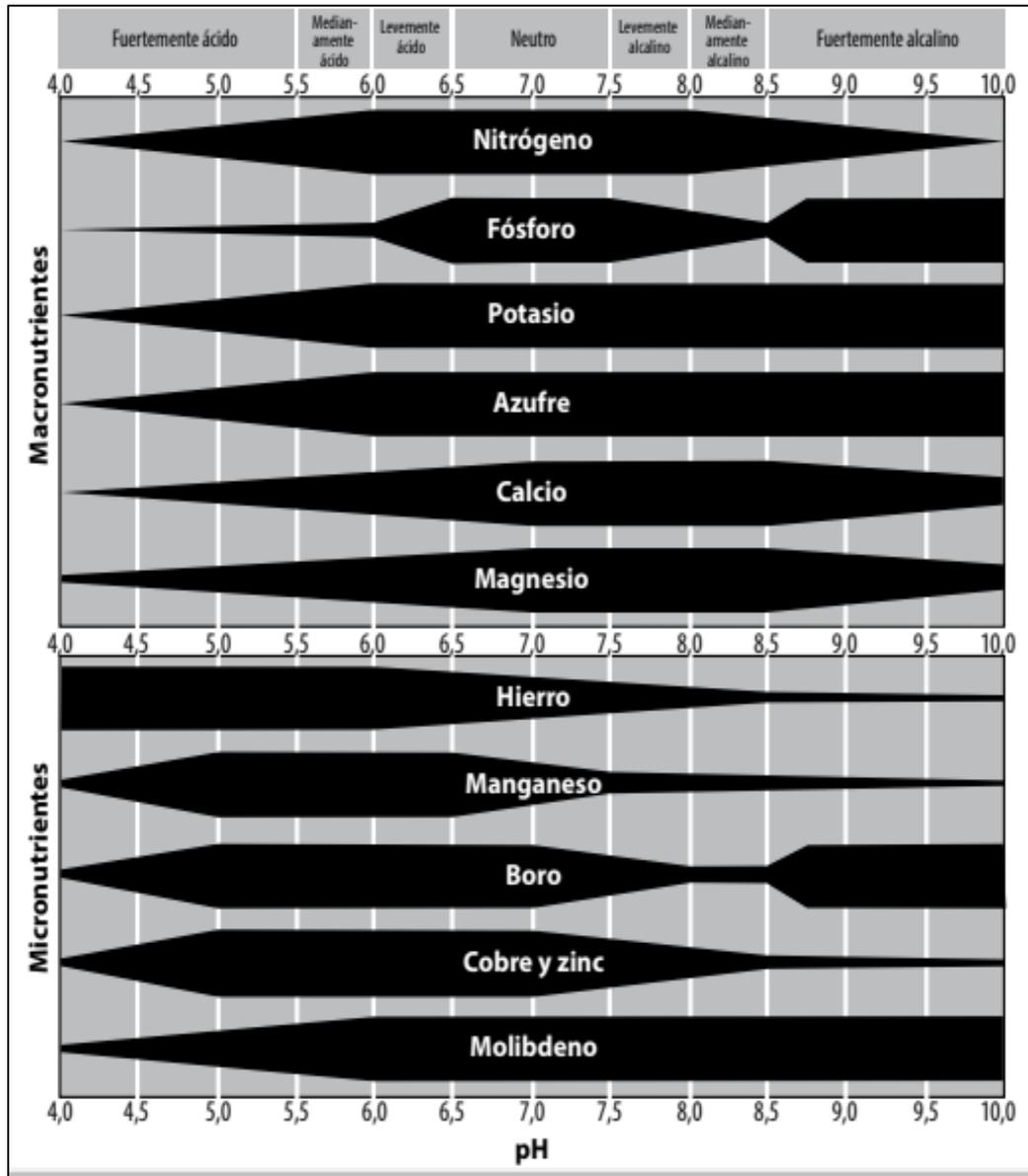


Figura 2.2. Disponibilidad de los nutrientes de acuerdo al pH (Cooper y Ghanem, 2017).

Sin embargo, también influyen otros factores bióticos y abióticos que podrían afectar la disponibilidad y causar deficiencias de los elementos minerales en el desarrollo de las plantas, como los que se muestran en el Cuadro 2.8.

Cuadro 2.8 Factores que causan deficiencia de elementos minerales.

Factor	Elementos minerales											
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu	B	Mo
pH alto							•	•	•	•	•	
pH bajo		•		•	•			•			•	•
M.O alta			•	•	•			•		•	•	•
M.O baja	•	•				•	•	•	•	•	•	
Fertilidad neutra baja								•		•	•	•
Tipo arcilla fijación	•	•						•		•	•	
Erosión	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Lixiviación	•		•	•	•	•					•	
Humedad excesiva	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Sequia excesiva			•					•			•	
Mal drenaje		•	•		•		•	•	•	•	•	
Compactación			•				•	•	•		•	
Mala aireación	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Temperatura baja								•				
Temperaturas altas	•		•								•	
Suelos arenosos			•	•	•	•		•			•	
Suelos calcáreos		•					•	•	•		•	
Suelos salinos	•	•	•				•	•	•	•	•	
Suelos orgánicos		•	•							•		
Exceso de cal		•	•		•		•	•	•	•		
Exceso de fosforo							•	•	•			
Niveles altos Carbonatos							•	•				
Hidróxidos de Fe y Al		•					•	•			•	•
Flora microbiana alta	•					•						•

Fuente: (Múnera y Meza, 2012).

2.13. Importancia de macronutrientes

Nitrógeno

El N es estructural en moléculas de aminoácidos y proteínas, es componente de ácidos nucleicos y bases nitrogenadas. Constituye la enzima rubisco y fosfoenolpiruvato carboxilasa, requeridas en la asimilación de CO₂ para el funcionamiento del sistema fotosintético en la clorofila. Interviene en procesos de absorción iónica, respiración, multiplicación y diferenciación celular. Es importante para el crecimiento vegetal, estimulación de yemas florales y fructíferas, por ello, con niveles adecuados las plantas pueden expresar su potencial productivo, (Rodríguez, *et al.*, 2020).

Al estar presente en la clorofila y en la actividad de la rubisco, se relaciona con la intensidad lumínica captada, que es destinada para la síntesis de proteínas y tejidos

vegetales, por lo que favorece la división celular y con ello la expansión foliar, dado a esto es un elemento que se requiere en mayor cantidad que otros, (Bravo, 2014).

Dejando por un lado las funciones específicas del N como; síntesis de ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, alcaloides y clorofilas tiene una función importante como agente osmótico que facilita la retención del agua en la vacuola para permitir la combinación del crecimiento y actividad metabólica a nivel celular de la planta (Cárdenas, *et al.*, 2004). Por lo que está estrechamente relacionado con el rendimiento y calidad de cosecha, si no se suministra los niveles adecuados, provocara una disminución de vigor y tamaño de hoja, las cuales adquieren un color amarillo en las puntas y después en los márgenes, formando una “V”, (Álvaro, 2002).

Al tener dos formas de absorción, el porcentaje de estas tiene que ser equilibrado, teniendo en cuenta el estado fenológico y desarrollo de la planta, al igual que el desarrollo radicular. Se ha demostrado que una solución nutritiva con relación 50/50 de NO_3^- y NH_4^+ se han obtenido resultados favorables en el crecimiento de ciertas plantas, (Zevada, 2005).

La absorción de N depende de la especie y condiciones edafoclimáticas; sin embargo, la absorción de NO_3^- está condicionada por la intensidad lumínica y la variedad, teniendo un comportamiento de fácil lixiviación. Mientras que el NH_4^+ al estar presente en el suelo es de absorción lenta debido al intercambio iónico por la carga positiva y puede fijarse en las arcillas. En un 70% de la absorción de cationes y aniones se les atribuye a estas moléculas, siendo importantes en el balance iónico y desarrollo de la planta, (Coraspe, *et al.*, 2009).

La absorción de N por las plantas es preferente en NO_3^- para reducirlo a NH_4^+ siendo una absorción activa, con gasto de energía requiriendo 8 e en dos sistemas enzimáticos sucesivos catalizados por la nitrato reductasa (NR) que contiene Mo, realizando la conversión de NO_3^- a NO_2^- se gastan 2 e, después de este proceso la nitrito reductasa (NiR) cataliza la transformación de NO_2^- a NH_4^+ requiriendo 6 e, (Raigón, *et al.*, 2006).

La asimilación de NH_4^+ parte del resultado de la nitrogenasa a NH_3 , donde el amonio se relaciona con el ácido glutámico por medio de la glutamina sintetasa (GS) y adenosin trifosfato (ATP), el cambio versátil de ácido glutámico a glutamina es por la enzima glutamina-2-oxoglutarato-amino-transferasa (GOGAT), esta ruta es regulada por la relación; 1 ATP:1 glutamato, resultando una asimilación rápida de NH_4^+ sin acumulación para no afectar la síntesis de nitrogenasa. La glutamina es un compuesto neto que a causa de transaminaciones pasa a formar parte de aminoácidos y como reservorio para la absorción de NH_4^+ , (Fernández et al., 2002).

Pereyra (2001), menciona que en la atmósfera se concentra el 78% del N, pero en forma molecular (N_2) no asimilable por las plantas, a razón de esto se requiere la ruptura de su molécula, fragmentando su triple enlace covalente entre sus dos átomos de N ($\text{N}\equiv\text{N}$) para generar NH_4^+ . Al producirse amonio se convierte en nitrógeno amídico y este en glutamina, utilizando 12 ATPs/molécula de N.

A continuación, se muestra un resumen en concreto sobre el ciclo del N con su respectiva descripción de cada proceso en el Cuadro 2.9.

Cuadro 2.9. Resumen de los principales procesos del ciclo del N.

Proceso	Descripción
Fijación de N	
Fijación industrial	Nitrógeno molecular a amonio.
Fijación atmosférica	Nitrógeno molecular a nitrato por conversión fotoquímica.
Fijación biológica	Nitrógeno molecular a amonio por conversión eucariota.
Mineralización	
Absorción y asimilación	En forma de amonio o nitrato.
Inmovilización	Absorción microbiana y asimilación de amonio o nitrato.
Amonificación	Catabolismo de la materia orgánica (M.O.) a amonio por bacterias y hongos.
Nitrificación	Oxidación del amonio a nitrato <i>Nitrosomas</i> sp. y oxidación del nitrito a nitrato por <i>Nitrobacter</i> sp.
Mineralización	Catabolismo de la M.O. a nitrógeno mineral por Amonificación o nitrificación por bacterias y hongos.
Perdidas	
Volatilización de amonio	Perdidas en forma de amoníaco (gas) a la atmósfera.
Fijación o Humificación de amonio	Fijación física de amonio en las partículas del suelo.
Desnitrificación	Conversión de nitrato a nitrógeno molecular por bacterias
Lixiviación	Flujo físico de nitrato disuelto en el agua del suelo.

Fuente: (Pereyra, 2001).

Fósforo (P)

El fósforo (P), es un elemento que se mueve por difusión al igual que el potasio (K), es poco móvil en el suelo por la interacción alta con la matriz del suelo, en comparación con el N que es por flujo de masas. Cuando las raíces absorben P en pequeñas concentraciones, ocasionan que el gradiente sea mayor y con ello hay mayor movilidad de iones, (Rubio, 2002).

Con deficiencias de P las plantas entran en estrés y activan estrategias de abastecimiento, expansión del sistema radical, secreción de ácidos orgánicos, modificación de pH de la rizosfera y asociaciones con MOOS (HMA). Se relaciona en metabolismos como; fosfolípidos, fosfoproteínas y fosfoglúcidos, también es constituyente de coenzimas y fitinas, las cuales forman parte de la reserva de P en tubérculos, granos y rizomas, (Arredondo, 2020).

Es componente de los ácidos nucleicos; ácido desoxirribonucleico (ADN) y ácido ribonucleico (RNA), se requiere en reacciones de transferencia de energía por ser componente del adenosin trifosfato (ATP), es utilizado en la respiración de la planta y a su vez en la generación de nuevas células. Algunos compuestos semejantes al ATP como el uracilo trifosfato (UTP), guanina trifosfato (GTP) y citosina trifosfato (CTP), se utilizan para la síntesis de azúcares, fosfolípidos y ácidos ribonucleicos, (Fernández, 2007).

Al ser un elemento funcional en el metabolismo de la planta; los fosfatos (P_i) promueven mayor calidad del fruto, fomenta la formación de semillas y acelera el proceso de maduración, actúa como regulador en la formación y translocación de azúcares y almidón, mientras los fosfitos (Phi), al no ser reducidos en la planta a P_i no participan en rutas metabólicas pero en dosis adecuadas incrementa la floración, calidad y rendimiento de frutos, aumentan los sólidos solubles totales y contenido de antocianinas por lo que estimula las defensas de la planta, (Mixquititla y Villegas 2016).

Al ser constituyente de enzimas, ácidos nucleicos y proteínas, es requerido en fosfolípidos de membranas celulares, contribuye al transporte y absorción de

nutrientes. Por lo que afecta principalmente el crecimiento y al presentarse deficiencias las plantas tienen menor número de hojas y el área foliar es menor por falta de expansión celular, presentan un color más oscuro, al no afectar directamente el contenido de proteínas y clorofila por unidad foliar, (Ciampitti, 2005).

Potasio (K)

Se ha demostrado en la actualidad que el potasio (K) activa en mayor o menor medida más de 50 sistemas enzimáticos, principalmente es cofactor en enzimas como cinasas y oxidoreductasas que involucran el adenosín trifosfato (ATP) o nicotinamida adenina dinucleótido (NAD) y nicotiamida adenina dinucleótido fosfato (NADP) como coenzimas. En la célula promueve la unión de ARNm con el ribosoma y con ello la liberación de proteínas sintetizadas en los ribosomas, (Álvarez, 2014).

Mantiene la producción de niveles adecuados de lignina y celulosa, otorga mayor resistencia a las paredes, componentes y estructuras de las células de todos los tejidos. Sin embargo, es un elemento que no forma parte de compuestos orgánicos de la planta, pero se concentra principalmente en el citoplasma, vacuola y cloroplastos, (Larriva, 2003).

Es un catión que neutraliza las cargas eléctricas negativas en la célula, teniendo un rol importante en la regulación de pH y la activación de enzimas, pero lo más destacado, es en la apertura y cierre estomático, donde la planta controla el movimiento de agua por transpiración, de aquí parte la importancia del K en el potencial osmótico de las células para tener una presión de turgencia adecuada y efectuar el proceso de osmoregulación bajo estrés hídrico, (Bonza, *et al.*, 2016).

Mejora el flujo y translocación de productos asimilados, como azúcares y almidones resultantes de la fotosíntesis, que son transportados a los órganos de reserva. A razón de esto se tiene un mejor llenado de semillas, granos y frutas. Obteniendo mayor calidad en la cosecha, mejorando el contenido de azúcares, sabor y color en frutos, también se mejora la vida postcosecha de frutas y verduras por otorgar mayor firmeza al fortalecer sus tejidos, (Borda, 2015).

Teniendo niveles suficientes de este elemento, se tiene mayor tolerancia al estrés abiótico, generado por heladas, temperaturas y tasa de luminosidad alta, mientras que en los bióticos confiere resistencia principalmente a enfermedades de plagas, (Mikkelsen, 2008).

Mientras con niveles bajos de K se reduce el contenido de sacarosa y la tasa fotosintética, las plantas son más susceptibles a enfermedades y sequias, mientras que, en exceso aumenta el contenido de almidón. Los síntomas que presentan las plantas son: crecimiento lento, hojas con márgenes quemados principalmente en hojas viejas, sus tallos son débiles presentando acame y reducción del sistema radicular, (Fuentes, 2014).

Calcio (Ca)

Es un elemento que fortalece la integridad estructural de las paredes celulares y disminuye la permeabilidad de las membranas plasmáticas, regulando la selección de absorción iónica e impidiendo que los componentes citoplasmáticos entren en difusión. Es clave en la formación de puentes intermoleculares de pectatos cálcicos (agente cementante) en la estructura de la pared primaria celular y la protopectina de la lámina media, que mantienen la unión celular. Si en el proceso de fijación, el Ca es intercambiado por K^+ , Na^+ o H^+ destabilizará las membranas al no formar el puente, (Herrera, 2007).

La degradación de los pectatos es por acción de la poligalacturonasa, esta es inhibida con concentraciones adecuadas de Ca, si no es así las paredes se degradan y los tejidos maduros se ablandan por la ruptura y degradación de las enzimas protopecticas estructurales por agentes oxidantes, liberando ácidos haciendo que las células pierdan compartimentación y firmeza en el fruto, (Monge, *et al.*, 1994). Se deduce que neutraliza los efectos nocivos que se producen por el ácido oxálico derivado de la formación del oxalato cálcico, (Sadeghian, 2012).

Por lo que el Ca actúa como mensajero en la regulación estomática y está condicionada por la formación de oxalato cálcico en las vacuolas, haciendo que en el citoplasma y cloroplastos tengan un nivel bajo de calcio libre. Esto también

favorece que no se precipite el Pi y regula la actividad de las enzimas fosfolipasa y NAD–quinasa. Activa la enzima amilasa por lo que con déficit de Ca provocara que no se degrade el almidón y se acumule en tejidos (bitter pit), (Monge, *et al.*,1994).

Es un mensajero secundario en la cadena de señalización, las señales percibidas por estímulos en la membrana activa los canales de Ca, aumentando su entrada en el citoplasma. Al iniciar la cadena manda señales desde su ubicación en el retículo endoplosmatico y vacuola hacia las proteínas calmodulinas (CaM) y Ca–Kinasas (CDPK) del citoplasma para controlar su actividad y la entrada del mismo ion o del K y Cl. Por lo que estos canales también mantienen el intercambio catiónico al mantener la polarización de las células, (Díaz y Jairo, 2007).

El calcio es un elemento contribuyente en diferentes procesos metabólicos de las plantas, principalmente en especies hortofrutícolas donde mejora la calidad y vida postcosecha al tener niveles adecuados de este elemento, ya que está relacionado con la regulación del metabolismo del etileno y estrés de las plantas, (Rincón y Martin, 2015).

Al tener deficiencia de este elemento se verá primero donde hay división celular, en hojas nuevas con ápice, meristemas apicales y radicales necrosados, los tejidos tendrán aspectos torcidos y deformados. Las zonas meristematicas presentaran muerte prematura de brotes, inflorescencia y frutos. Principalmente en climas frescos y húmedos por estar condicionado por la evapotranspiración, (Vaca, 2019).

Magnesio (Mg)

La función más importante de este elemento, es ser el átomo central de la clorofila con un 15% ligada al total de esta molécula. En la célula del 5 al 10% de Mg se encuentra en el pectato de la pared celular. Interviene también en la fotosíntesis como enzima en la reacción carboxylasa para fijar CO₂ y al ser un catión divalente participa en el balance de aniones y cationes, regulando el pH y ajuste de la turgencia celular, (Ross, 2004).

Al estar presente en la clorofila fuera de que tiene un papel estructural en su molécula, es importante para evitar la fluorescencia o procesos redox que se

podrían presentar por iones pequeños (Mn, Co, Fe y Ni). También cabe destacar que la inserción que tiene con el anillo porfirínico y la presencia de un magnesio quelatado beneficia la biosíntesis de las clorofilas en su primera etapa pero requieren de ATP y por consiguiente un suplemento adicional de Mg, (Baran, 2021).

Uno de los complejos importantes es el ATP-Mg requerido en una ATPasa que funcionara como sustrato al activarse por el Mg, la cual es importante en las enzimas quinasas; en la piruvato quinasa este cofactor metálico se utiliza como quelatante del ATP para unirlo a la enzima, al ser un elemento constituyente en la síntesis de enzimas y proteínas participa en el ciclo de lípidos (Acetil CoA sintetasa), ácidos nucleicos (polimerasas, glutamina sintetasa) y glucosa, (glucosa-6-fosfatasa, fosfoglicerato quinasa), (Aranda, *et al.*, 2000).

En el metabolismo de carbohidratos está estrechamente relacionado debido a que la mayoría de las enzimas requieren Mg y este a su vez forma complejos fosfatados para la síntesis de carbohidratos, mientras en el ciclo glicolítico participa en las enzimas piruvato kinasa, fosfoglicerato, kinasa, aldolasa y la hexokinasa. Al no suplementarse los niveles adecuados de Mg hay una acumulación de carbohidratos no estructurales como almidón y azúcares en las hojas, (Baran, 2021).

Interviene en el proceso de fosforilación para la formación de ATP en los cloroplastos, en la fotosíntesis es importante en la formación de la clorofila y en la activación de la enzima ribulosa 1,5-bisfosfato carboxilasa (RuBP), también favorece la asimilación y repartición de productos asimilados, al igual que sintetiza proteínas y participa en la fotooxidación de los tejidos en hojas, (Ube, 2019).

Es un estabilizador celular y subcelular al actuar como un complejo junto a los fosfolípidos para mantener la permeabilidad de la membrana plasmática, evitando que aumenten los niveles intracelulares de P y Ca, a su vez reduciendo los niveles de PO_4^{3-} y K. Es importante en la bomba de Na y Ca donde regula el cotransporte de Na, K, Cl y KCl también actúa en el flujo de iones en los canales de Ca, K y Na. Mantiene la estabilidad física de los ribosomas al mantener los complejos de RNA y protege a los lisosomas por lo que mantiene la integridad estructural de los cromosomas, (Aranda, *et al.*, 2000).

La deficiencia de Mg se asocia con crecimiento retrasado, tallos largos pero delgados. Mientras que en las hojas presentan clorosis intervenal clara en la zona media, que se extiende al ápice y base de las hojas viejas. En severidad alta, la clorosis se convierte en líneas café-óxido, donde el margen y ápice se necrosan, causando muerte prematura, (Vistoso y Martínez, 2020).

Azufre (S)

El azufre orgánico tiene dos grupos funcionales en la planta, en el primero están los S-orgánicos sin asociación al carbono (C), donde destacan los enlaces tipo éster (C-O-S). El otro grupo contiene los S-orgánicos asociados al carbono (C), siendo los más importantes por contener S en aminoácidos, mercaptanos (tioles), disulfuros, ácidos sulfónicos y sulfonas, (Luna, 2017).

El S absorbido es reducido a sulfuro en los cloroplastos, para convertirse en cisteína y luego en metionina (componentes de las proteínas y enzimas). Estos dos aminoácidos son las principales fuentes de S en las plantas aportando del 11 al 30% del S orgánico. La cisteína es el precursor del glutatión, requerido para la protección ante un estrés oxidativo y metales pesados, (Corrales, *et al.*, 2013).

También es precursor en los cofactores de grupos hierro-azufre, proteínas hemo (citocromos), vitaminas (biotina y tiamina) y sulfuésteres (vitamina A). La estructura de estas proteínas y otras, son generadas por puentes disulfuros (-S-S-), resultantes de la oxidación del grupo -SH (tiol) de la cisteína y metionina, (Romero, 2012).

Al tener niveles adecuados de S en el suelo y promover la síntesis proteica a aminoácidos, se relaciona en la eficiencia del N, ya que la relación en unidades de N/S para crear aminoácidos es de 14:1, (Alfaro, *et al.*, 2006). Esto se debe a que el metabolismo del N demanda, 50% de N y 25% de S del contenido total, donde la enzima nitrato reductasa es la que contiene más azufre. Por lo cual en deficiencia de este elemento hay una disminución de actividad de la enzima y menor acumulación de aminoácidos, (Romero, 2012).

Teniendo insuficiencia de este elemento reduce la síntesis de proteínas, asimilación de N y reducción de la fotosíntesis por niveles bajos SAM (agente metilante) y sulfolípidos, los cuales son componentes de la clorofila; ocasionando clorosis en hojas. También hay un desbalance en la relación área/raíz, a causa del crecimiento radicular lateral para absorber S. Al disminuir los compuestos azufrados las plantas son más vulnerables a patógenos y condiciones adversas, (Muñoz, 2014).

2.14. Importancia de micronutrientes

Hierro (Fe)

Al tener un estado alto de reducción–oxidación, forma quelatos estables y solubles, participando en sistemas enzimáticos: hemídicos y no hemídicos. Los hemídicos son los que concentran complejos proteicos hierro-porfirínicos, como citocromos, que son componentes del sistema redox en cloroplastos y mitocondrias, también son constituyentes de la cadena redox de la nitrato–reductasa y la enzima fijadora de N (lehemoglobina). Está implicado en otras hemo–enzimas como; catalasas (fotorespiración y ciclo de Calvin) y peroxidasas (polimeración de fenoles a lignina en la rizodermis y endodermis de raíces), participan en la biosíntesis de lignina y suberina. También facilitan la disminución del peróxido de hidrogeno (H_2O_2) → agua (H_2O) → oxígeno (O_2) dentro del cloroplasto, (Córdova, 2014).

En los no hemídicos se encuentra las metalflavoproteínas, intermediarias en la cadena respiratoria, sin embargo, no pueden ceder su e^- al O_2 , el Fe proporciona estabilidad y facilita la transferencia de e^- al complejo por una oxido–reducción reversible en la relación metal–flavina. La ferredoxina, es una proteína férrica resultante del enlace Fe-S, siendo un aceptor final de e^- más reductores del metabolismo celular, al estar reducida puede ser oxidada por Nicotiamida-Adenina Dinucleotido fosfato (NADP), enzima NADP⁺ reductasa, NO_2^- y NADH, también por el oxígeno, hemoproteínas y componentes de la cadena de transporte de electrones en los fotosistemas, mediante vía enzimática (Raya, *et al.*,1971).

La principal función de esta proteína es la transferencia de dos e^- sucesivos en el fotosistema I (FI) reduciendo la ferredoxina a Nicotiamida-Adenina Dinucleotido

fosfato (NADP) + Ribonucleotidil reductasa (FNR) donde se generará Nicotiamida-Adenina Dinucleotido fosfato (NADPH) para la asimilación de dióxido de carbono (CO_2). Las enzimas dependientes de este compuesto son nitrito reductasa (reducción de NO_2^- a NH_4^+), glutamato sintasa (síntesis de ácido glutámico y 2-oxo-glutamato), sulfito reductasa (reducción de SO_3^{2-} a SO_4^{2-}) y Ferredoxina-tiorredoxina reductasa (reducción de los puentes de disulfuro de la tiorredoxina), (Franco y Castillo, 2013).

En las ferritinas son complejos ferropoteicos ubicadas en los plastidios y cloroplastos acomodándose en la ausencia de los tilacoides, su principal función es almacenar el Fe que servirá para las enzimas como ferredoxina, hemoenzimas y otras que se requieren en la fotosíntesis, (Raya *et al.*, 1971).

La deficiencia de Fe provoca una reducción de la ferredoxina, afectando el transporte de e^- durante la fotosíntesis de las membranas tilacoidales de los cloroplastos, por contener grupos hemo y enlaces Fe-S, reduciendo así el contenido de clorofila y pigmentos receptores de luz, afectando principalmente el desarrollo y funcionamiento de los cloroplastos, al igual que la reducción de nitrito (NO_2) y sulfito (SO_3^{2-}), a causa de esto el nitrato (NO_3) y sulfato (SO_4^{2-}) se acumulan en las plantas, (Kirkby y Römheld, 2007).

Zinc (Zn)

El Zn es un elemento sin funciones redox, siendo el único de su clase presente en las enzimas, tiene importancia en procesos fisiológicos de catálisis y/o estructura. Es un activador y cofactor de las enzimas: anhidrasa carbónica rubisco, alcohol deshidrogenasa, ARN polimerasa y superóxido dismutasa. Es catalizador de la enzima serina, precursora del aminoácido triptófano para originar ácido indol-3-acético (AIA) en la hoja. Con deficiencias de Zn hay detención de crecimientos terminales y brotes axilares frágiles formando síntomas de roseta, (Perea, *et al.*, 2010).

Desempeña funciones en la regulación del crecimiento, sobre la actividad enzimática, en la expresión genética, es un activador de fitohormonas, se involucra

en la síntesis de proteínas y en el metabolismo de carbohidratos. La anhidrasa carbónica es fundamental en la fijación de CO_2 , encargada de convertir el CO_2 y H_2O en bicarbonatos (HCO_3^-), el cual es componentes de la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa que cataliza la formación de malato o cuerpos carbonatados de 4 átomos de carbono (C), (Manrique, 2017).

El Zn se relaciona con la cascada de señalización, en la percepción de factores de estrés abiótico o biótico. Es un elemento estructural de la proteína cinasa, esta manda señales al interior de la célula ocasionadas por factores de estrés, provocando estímulos en la planta para prepararla ante una respuesta a supuestos agentes. También es estructural de las enzimas alcohol deshidrogenasa, da secuencia al metabolismo de la glucosa en plantas estresadas con deficiencia de O_2 y superóxido dismutasa, que convierte el peróxido O_2^- (reactivo y toxico) en O_2 , dando protección celular ante patógenos y agentes de estrés, (Amezcuca y Lara, 2017).

Es importante para la integridad de las membranas plasmáticas, manteniendo una estructura adecuada, también es requerido en el metabolismo de carbohidratos para la conversión de azúcares en almidón, favorece la formación de granos y polen, al igual en la formación de flores y cuajado, (Larrosa y Solera, 2015).

En el metabolismo de ácidos nucleicos, influye en el contenido del polímero ARN y en la síntesis de los ribosomas, al igual en el sistema enzimático. Los síntomas de deficiencia son en hojas jóvenes con clorosis intervenal, reducción de entrenudos y crecimiento (enanismo), reducción del sistema radicular, y disminución de los rendimientos en producción. En etapas avanzadas ocasiona malformación de enrollamiento de brotes y hojas, al igual un reseteo de hojas en puntos terminales de la planta, (Marengo, 2009).

Manganeso (Mn)

El Mn está relacionado en varios procesos, principalmente en la fotólisis del agua, desintoxicación de radicales libres (superóxido O_2^-) que son tóxicos para la planta y en la reacción Hill (evolución del O_2 en los cloroplastos). La enzima que rompe la

molécula de agua contiene 4 átomos de Mn liberando e^- que se transfieren al fotosistema (FSII). Sirve como autocatalizador o cadena de e^- en la fotosíntesis y una deficiencia de este elemento afecta la reacción a la luz durante este proceso, ocasionando la ruptura estructural del cloroplasto (irreversible), (Kirby y Romheld, 2007).

Al ser un elemento presente en el FSII, beneficia la fotofosforilación, la reducción del dióxido de carbono (CO_2), nitrito (NO_2) y sulfito (SO_3^{2-}), el Mn se considera como un componente estructural de los ribosomas generando una reducción en la tasa fotosintética presentando niveles bajos en la planta, (Flórez, 2004).

Las células producen la enzima superóxido dismutasa (SOD) para producir oxígeno (O_2) a partir del peróxido (O_2^-). La Fe-SOD y Cu-SOD se ubican en cloroplastos y la Mn-SOD en la mitocondria, actúan como protección ante una taza alta de radiación en las plantas, ya que bajo estas condiciones producen más radicales libres. El Mn y Cu, activan enzimas sintetizadoras de aminoácidos y fenoles para producir lignina, ácidos fenólicos favoreciendo la resistencia a patógenos. El Mn está involucrado en el metabolismo de las auxinas, niveles altos de Mn benefician la desintegración del AIA bajando sus niveles en la planta y probablemente la inactivación de la enzima AIA oxidasa, esto debido al cambio de valencia de Mn^{2+} a Mn^{3+} que tal vez imposibilita la oxidación de este proceso, (Gómez y Sote, 2014).

La deficiencia de Mn afecta la viabilidad del polen, ejemplo en plantas de maíz hubo un retrasó en el desarrollo de anteras, pero aumento la tasa de germinación de las semillas. Principalmente afecta los cloroplastos, alterando su sistema lamelar ocasionando clorosis, pudiéndose confundir con Mg, por aparecer como clorosis intervenal, pero la deficiencia de Mn aparece en hojas jóvenes. Se ha descrito en monocotiledóneas la aparición de puntos de color gris-verdoso y puntos de color amarillo en dicotiledóneas. En etapas avanzadas, las zonas adyacentes y nervaduras son las únicas que se conservan verdes, (Kirby y Romheld, 2007).

Cobre (Cu)

Aproximadamente el 50% de Cu se concentra en los cloroplastos. Se considera como elemento de transición redox activo, desempeñando funciones en la respiración, metabolismo de C y N, protección contra estrés oxidativo y en la fotosíntesis. Forma complejos altamente estables similares al Fe, participa en la cadena de transferencia de e-, sirve como receptor de etileno y cofactor en la biosíntesis de Mo, (Marschner, 2012).

La cuproteína citocromo C oxidasa, está implicada en la respiración y funcionamiento de grupos hemo Mg, Na y Zn, las amino oxidasas y polifenol oxidasas están ligadas a la respuesta de defensa contra agentes patógenos, procesos biosintéticos y desarrollo/crecimiento celular, (Sancho, 2016). Al ser un activador de enzimas, la insuficiencia de este elemento repercute en la síntesis de ácidos nucleicos por detener el proceso proteico de las células al aumentar la cantidad de aminoácidos. Reduce la formación de granos, semillas, espigas o panículas, (Rodríguez y Buitrago, 2019).

Los síntomas de deficiencias se aprecian principalmente en tejidos jóvenes y reproductivos, hay disminución de crecimiento, clorosis de hojas con márgenes encorvados y los meristemas apicales son dañados. En los reproductivos, se observa baja viabilidad y desarrollo de polen, reducción de formación de frutos, paredes celulares atrofiadas y un mal desarrollo embrionario, (Sancho, 2016).

Boro (Bo)

El boro es un micronutriente con amplia participación en procesos fisiológicos de la planta, principalmente en dos procesos; el primero, siendo constituyente de la estructura de la pared celular, que implica la síntesis y lignificación, el segundo en la integridad y respiración de la membrana plasmática. Es participe del transporte y metabolismo de azúcares o carbohidratos, también se relaciona en el metabolismo del ARN, AIA, fenoles y ascorbatos, (Yamada, 2000).

En el proceso de carbohidratos interviene como un elemento “bomba” colaborando en el transporte de asimilación de las hojas viejas a las nuevas, puntos de

crecimiento (meristemas) y al sistema radicular. Mientras que en procesos reproductivos de la planta controla la floración, producción de polen, germinación, formación de semillas y frutos (Rojas, 2004).

El potencial de la membrana plasmática es afectado por deficiencias de B, reduciéndose la actividad de la enzima ATPasa en la bomba de protones, resultando una disminución del gradiente de protones y la disminución de la Fe-reductasa, inhabilitando la actividad de la oxido-reductasa vinculada a la membrana. La relación con la integridad de la membrana, es por complejación *cis*-diol con glicoproteínas. Deduciendo que la deficiencia de B, altera la permeabilidad de K y azúcares, también ocurre un desbalance en los niveles de Ca relacionados con la membrana plasmática, (Malavé y Carrero, 2007).

La forma del boro como ácido bórico o borato puede formar varios complejos con dos grupos hidroxilo en configuración *cis* pero lo más importante es que forma enlaces éster entre el anión borato y los residuos de apiosa del dímero ramnogalacturonano II que dará como resultado el diol-éster borato más estable "dímero ramnogalacturonano II-borato", constituyente fundamental de la red estructural de la pared celular, encontrándose del 80 – 90% total del B. La rigidez disminuirá por menos genes que codifican la xiloglucano endotransglucosilasa/hidrolasa afectando la red de microfibrillas de xiloglucano, (Martin, 2014).

Se relaciona en la síntesis del "uracilo" (base nitrogenada), precursor de la coenzima uridin glucosa difosfato (UDPG), implicada en la formación de glucosa. También en la síntesis del ARN, molécula requerida para la formación de ribosomas, encargada de la síntesis de proteínas, proceso importante en tejidos meristemáticos radicales. Si se detiene la división celular resultan raíces cortas y atrofiadas. Una deficiencia de B promueve la producción de calosa, dificultando el transporte en los tubos cribosos y floema, afectando la translocación de asimilados. Repercute en la síntesis de citoquininas y en el metabolismo de auxinas, generando acumulación excesiva de AIA, lo que dará mayor producción de la de compuestos fenólicos, reduciendo el crecimiento de la planta, (Alarcón, 2001).

Los síntomas de deficiencia se pueden apreciar en órganos de crecimiento, hay clorosis en hojas jóvenes con manchas negras intervenales, muerte y desorden de meristemos apicales y puntos de crecimiento, alteraciones metabólicas y aumento de compuestos fenólicos, (Montoya, *et al.*, 2003).

La producción de flores y frutos se reduce y es deforme, las hojas jóvenes toman un aspecto engrosado, deformes, de tamaño pequeño, encorvadas y espesas. El tallo se vuelve quebradizo, con entrenudos cortos generando una roseta apical o tupida. La división y elongación de los meristemos radiculares se atrofia, debido a la disminución de la plasticidad de las paredes celulares, generando raíces gruesas con menos pelos radiculares, en tonalidades oscuras, (Mora, 2019).

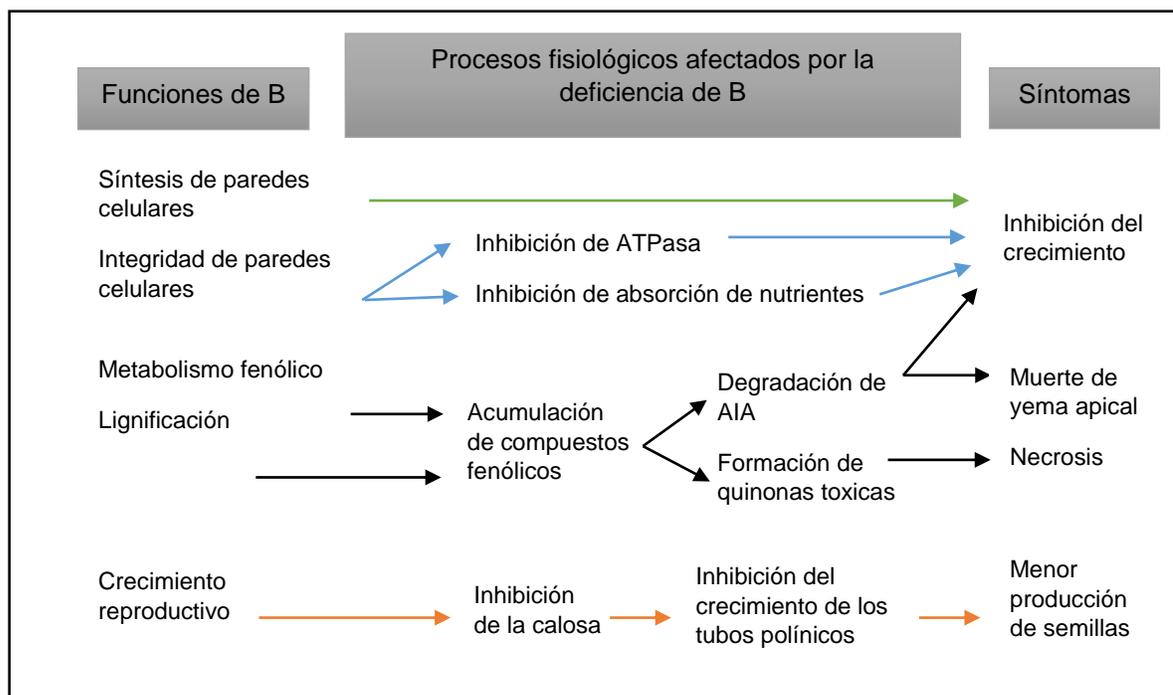


Figura 2.3 Funciones del boro y procesos fisiológicos afectados por su deficiencia y síntomas en la planta, (Yamada, 2000).

Molibdeno

El Mo desempeña primordialmente dos funciones en el metabolismo vegetal, el primero es en la asimilación de N, siendo componente de las enzimas nitrato-reductasa y nitrogenasa, catalizadoras de la reducción de nitrato (NO_3) a amonio (NH_4). El segundo proceso, es relacionado con bacterias simbióticas fijadoras de

nitrógeno atmosférico (N_2) a amoníaco (NH_3) que desempeñan principalmente las leguminosas. Además, es necesario en la síntesis de ácido ascórbico y en la disponibilidad fisiológica del Fe para la planta, (Jurado y Zambrano, 2020).

Está estrechamente relacionado con la estructura de dos cofactores enzimáticos: FeMoco y Moco. La primera es una estructura multinuclear, constituida por $4Fe-4S$ y $Mo-3Fe-4S$, desempeñando funciones en la enzima nitrogenasa y la segunda, está estructurada con un ion de Mo, presente en las siguientes familias de enzimas: xantina oxidasas, sulfito oxidasas, y DMSO reductasas, (Pérez, *et al.*, 2011).

Para que el Mo sea eficiente se debe de formar el cofactor Moco, ubicándose en el sitio activo de las enzimas de las familias anteriores, es el resultado de una interacción de la molécula de Mo con una molécula de pterina, al ser versátil se involucra en ciclos redox biogeoquímicos del N, Ca y S. De aquí parten las molibdoenzimas; nitrato–reductasa en la asimilación de nitrato, (Roldan, 2020).

La sulfito oxidasa es una proteína en las peroxisomas, realiza la oxidación de $SO_3^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$, descodifica el de excesos de SO_3^{2-} e interviene en el metabolismo de metionina y cisteína. La xantina oxidasa se involucra en la catálisis de purinas, mediante la oxidación de hipoxantina a xantina, generando aniones O_2^- y H_2O_2 , implicados en la senescencia y muerte celular ante ataques de patógenos. La proteína plasmática, aldehído oxidasa interviene en la biosíntesis de fitohormonas, generando principalmente ácido abscísico a partir del aldehído abscísico y cataliza la biosíntesis de auxinas. La amidoxima es un componente reductor en la mitocondria, catalizando sustancias N–hidrolizadas, (Gil, 2019).

La deficiencia de Mo está relacionada con la de N por la relación que tiene en su metabolismo, pero se caracteriza por disminuir el tamaño de la hoja y aparecer moteados de forma general en tonalidades marrón o en parte de la hoja, el comienzo del tejido necrosado es en la punta del ápice y se extiende a los bordes, a consecuencia de esto hay una muerte y caída prematura de la hoja, (Tresierra, 2003).

Cloro (Cl)

El Cl es un elemento que al estar presente en condiciones salinas puede ser tóxico al acumularse en la planta, pero es esencial en la nutrición vegetal, si se restringe su acumulación puede optimizar la tolerancia a la salinidad de ciertos cultivos como plantas glicofitas (sensibles a la salinidad). Tiene función en el balance de cargas en la membrana celular, principalmente de cationes como el Na^+ con el que se asocia regularmente (NaCl) y las pérdidas de NO_3^- , (Martínez, 2019).

Es requerido a menores concentraciones de 100 mg/Kg por la planta y sin causar fototoxicidad de 2 hasta 20 g/Kg. De sus funciones está en la fotólisis, rompiendo la molécula de H_2O en el PS II, en la regulación y ajuste osmótico siendo un contra-ión en el transporte de cationes, también se relaciona con la regulación estomática, participa en la actividad enzimática incitando la acción de ATPasa, amilasa, la síntesis de asparagina y el movimiento en la hoja, (García, 2006).

Se considera de gran importancia como soluto osmóticamente activo al igual que el nitrato y malato, al generar un potencial osmótico más negativo actúa como un contra-ión de cationes. Al ser un osmolito participa en la apertura y cierre estomático junto con el K, también es un elemento de alta movilidad en la planta manteniendo el gradiente de pH en el citosol y la vacuola por activación de Mg, Mn ATPasa del tonoplasto, (Tamara, 2016).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del sitio experimental

La presente investigación se desarrolló en la sede de educación superior Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, específicamente en el terreno a campo abierto ubicado en la parte trasera del edificio conocido como “La Gloria”. La institución está ubicada en la Col. Buenavista, Saltillo, Coahuila; a 6 km al sur de la ciudad, con las coordenadas geográficas 25°23'36.24" N y 101°0'1.8" W, a una altitud de 1,783 msnm.

3.2. Características del sitio experimental

El clima que se presenta es de tipo seco, semicalido y semifrío, la temperatura anual oscila entre -10.4°C a 37°C y precipitación de 460,7 mm, pero basado en los registros meteorológicos para el mes de mayo, junio y julio fue de 28°C máxima. y 16° C mínima; teniendo del 57% a 76% de nubosidad (mayormente nublado) y una tasa promedio de luz natural de 13h y 43 min por día, mientras que la precipitación fue de 30 mm a 55 mm en verano.

El material utilizado fue el híbrido asiático (LA) var. Litouwen, de origen es holandés distribuido por la empresa “Flores de bulbos importados, S.A. de C.V.” ubicada en la carretera Ixtapan de la Sal km 61, San Francisco Villa Guerrero Estado de México.

3.3. Material Vegetativo

Es una variedad utilizada como ornamental de corte presentando una tonalidad blanca, de porte aproximadamente de 120–130 cm y un periodo de crecimiento/velocidad de 80–90 días, es una variedad tolerante a condiciones

climáticas adversas (% de quemadura bajo). Se utilizaron calibres de bulbos 14/ 16, siendo aceptables para buena calidad de flor.

3.4. Análisis de suelo

El tipo de textura que presenta el suelo es arcilloso, con bajos contenidos de materia orgánica presentando una capa inferior de carbonato de calcio o indicando la presencia de acumulación de sales, (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Resultado del análisis de suelo del sitio experimental.

Determinación		Resultado	
Textura		Franco–Arcilloso	
Densidad		1.09 g/cm ³	
pH		8.52	
CE.		1 dS/m	
Carbonatos		59.6%	
C.C.		25.5%	
P.P.M		15.2%	
M.O.		4.03%	
Determinación	Resultado	Determinación	Resultado
P–Olsen	99.8 ppm	Zn	6.37 ppm
K	529 ppm	Mn	1.14 ppm
Ca	3718 ppm	Cu	1,26 ppm
Mg	309 ppm	B	0.97 ppm
Na	18.7 ppm	S	1.54 ppm
Fe	1.98 ppm	N–NO₃	29.2 ppm

3.5. Establecimiento del Cultivo

La preparación del suelo fue de manera mecánica, primero se realizó el trabajo de subsuelo, teniendo como objetivo la descompactación de la capa arable, mejorando la estructura del suelo, lo cual permitirá un mejor desarrollo radicular, circulación de agua y oxígeno. Posteriormente, se implementó un paso de rastra para romper los agregados de suelo y dejar mejor mullido el suelo. Por último, se hicieron camas y se arreglaron con azadón.

Las camas tuvieron las siguientes dimensiones: 37 m de largo y 1.20 m de ancho. El sistema de riego que se utilizo fue por goteo por cintilla, con emisores a 15 cm, calibre 5 mil, de la marca Toro, con una tubería principal de PVC. Se instalaron un total de cuatro cintillas para la investigación.

Se colocó una malla de color blanco para disminuir la intensidad lumínica, dando 70% de luz y 30% de sombra, con la finalidad de evitar quemaduras en botones, abortos y detención de crecimiento. La malla tuvo a una altura de 2 m. del suelo y al costado este se dejó una caída de 1.5 m de malla, mientras en el lado oeste se puso malla lateral completa por la caída del sol que da mayor tiempo de exposición al sol.

3.6. Trasplante

El trasplante se realizó el día 23 de mayo del 2022, (el mismo día de la llegada de los bulbos), los cuales se mantuvieron sin exposición al sol para evitar la deshidratación y muerte de raíces. El trasplante fue de manera manual, haciendo una brecha por hilera, colocando los bulbos a una distancia entre bulbos de 15 cm y entre hileras de 20 cm; dejando un pasillo de 30 cm entre las hileras inferiores. Se establecieron 4 hileras en la cama, dando una densidad total de 986 bulbos, de los cuales solo 432 se utilizaron para el experimento.

3.7. Manejo nutricional

La nutrición del cultivo estuvo manejada según los tratamientos formulados para la investigación, las principales sales minerales que se ocuparon fueron: Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (46-00-00), Sulfato Ferroso Heptahidratado $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (21% de fierro y 11.7 % de azufre), Sulfato de Manganeso MnSO_4 (32% de Mn y 19% de S), Sulfato de Cobre Pentahidratado $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (25.5% de Cuy 12.8% de S), Borax (11,34%) y Ácido Sulfúrico H_2SO_4 (32%, $D=1.7$ f/cc y pureza 98%).

3.8. Manejo sanitario

Durante el desarrollo del cultivo hubo una incidencia nula de plagas y enfermedades por lo que se tomó la decisión de no aplicar algún producto químico ni extracto. Mientras que en el aspecto de malezas se presentaron las de hoja ancha y angosta, su control fue de manera manual, realizando tres deshierbes con azadón, el primero fue el 16 de junio, 19 de junio y el tercero el 30 de junio del 2022, eliminando las malezas del pasillo y de la cama para no afectar la calidad por la competencia entre planta/maleza, al igual que evitar ser un hospedero de agentes patógenos.

3.9. Riegos

Antes del trasplante se procedió a dar un riego ligero para tener un porcentaje de humedad, posteriormente se dio uno más para llevarlo a capacidad de campo, para evitar que las raíces presentaran un estrés por altas temperaturas en el suelo. Durante el desarrollo del cultivo se mantuvo constante la humedad del suelo del inicio. Dando tres riegos por semana dependiendo de las necesidades hídricas, sin embargo, del 27 de junio al 10 de julio se suspendieron los riegos por presencia de lluvias.

3.10. Preparación de soluciones madre

En el Cuadro 3.2, se muestran los niveles nutricionales que se utilizaron para realizar los cálculos mediante la interpretación del análisis del suelo para obtener la cantidad de fertilizante en cada tratamiento.

Cuadro 3.2. Niveles de micronutrientes utilizados durante la investigación (ppm).

Niveles de fertilidad	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu	Variable
Sin micros	65	35	150	2500	100	35	-	-	-	-	-	B ₀
Baja	65	35	150	2500	100	35	0.5	10	5	2.5	1	B ₁
Media	65	35	150	2500	100	35	1	15	8	4	2	B ₂
Alta	65	35	150	2500	100	35	1.5	20	10	5	2.5	B ₃

Al realizar los cálculos correspondientes de la interpretación del análisis de suelo se procedió a realizar las soluciones madre para extraer la cantidad en ml correspondientes para cada tratamiento como se muestra en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Cantidad de fertilizante utilizado para la elaboración de cada solución madre.

Fertilizantes (g/L)	Soluciones Madre (1L)			
	SM1 para B ₀	SM2 para B ₁	SM3 para B ₂	SM4 para B ₃
Urea	49.7	42.4	38.3	35.1
Ac. Sulfúrico	68.63	27.8	20.4	15.1
Sulfato de Fe	-	21.8	31.3	39.5
Sulfato de Mn	-	6.9	11.0	12.7
Sulfato de Cu	-	-	1.8	2.8
Borax	-	-	1.3	2.5

3.11. Tratamientos evaluados

Al realizar el diagrama de árbol del experimento arrojo como resultado la combinación de los factores por tratamiento como se muestra en el Cuadro 3.11.

Cuadro 3.4. Descripción de la relación de tratamientos en el cultivo de lilis.

Tratamientos	Factores	Descripción
1	A ₁ B ₀	Testigo con aplicación de una capacidad de extracción de 500 Kg de fertilizante/Ha/año (sin aplicación de elementos menores)
2	A ₁ B ₁	Aplicación de una capacidad de extracción de 500 Kg de fertilizante/Ha/año y nivel bajo de elementos menores
3	A ₁ B ₂	Aplicación de una capacidad de extracción de 500 Kg de fertilizante/Ha/año y nivel medio de elementos menores
4	A ₁ B ₃	Aplicación de una capacidad de extracción de 500 Kg de fertilizante/Ha/año y nivel alto de elementos menores
5	A ₂ B ₀	Testigo con aplicación de una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año (sin aplicación de elementos menores)
6	A ₂ B ₁	Aplicación de una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año y nivel bajo de elementos menores
7	A ₂ B ₂	Aplicación de una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año y nivel medio de elementos menores
8	A ₂ B ₃	Aplicación de una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año y nivel alto de elementos menores
9	A ₃ B ₀	Testigo con aplicación de una capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año (sin aplicación de elementos menores)
10	A ₃ B ₁	Aplicación de una capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año y nivel bajo de elementos menores
11	A ₃ B ₂	Aplicación de una capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año y nivel medio de elementos menores
12	A ₃ B ₃	Aplicación de una capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año y nivel alto de elementos menores

La aplicación de los tratamientos se realizó dos veces por semana. La primera aplicación se realizó el 24 de junio y la última el 16 de julio del 2022. Se extrajeron

los ml de las soluciones madre para cada tratamiento, se diluyeron en 4.5 L de agua y por cada repetición se aplicó 1.5 L.

3.12. Descripción de factores

Factor A (Aplicación de capacidad de extracción de Kg de fertilizante/Ha/año).

A₁= Capacidad de extracción de 500 Kg de fertilizante/Ha/año.

A₂= Capacidad de extracción de 1000 Kg de fertilizante/Ha/año.

A₃= Capacidad de extracción de 2000 Kg de fertilizante/Ha/año.

Factor B (Aplicación de niveles de fertilidad de elementos menores).

B₀= Sin aplicación de niveles de fertilidad de elementos menores.

B₁= Nivel bajo de fertilidad de elementos menores.

B₂= Nivel medio de fertilidad de elementos menores.

B₃= Nivel alto de fertilidad de elementos menores.

3.13. Diseño estadístico

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial debido a que el sitio experimental fue a campo abierto y las condiciones edafoclimáticas están en constante cambio y no existe homogeneidad por lo que es el más favorable. El arreglo factorial fue AxB (3x4), dando como resultado 12 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, arrojando un total de 36 unidades experimentales, los resultados se analizaron con el paquete estadístico SAS® (Statistical Analysis System), de la North Carolina State University, utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia del P=0.05.

3.14. Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + r_k + E_{ijk}$$

Donde:

μ = Media general de los tratamientos, α =Efecto de las diferentes capacidades de extracción de fertilizantes (i -ésimo del factor A), β_j = Efecto de los niveles de elementos menores (j -ésimo del factor B), $\alpha\beta_{ij}$ = Respuesta de la interacción de la variable diferentes capacidades de extracción con la variable niveles de elementos menores, r_k = Influencia de las repeticiones, E_{ijk} = Error experimental.

3.15. Variables evaluadas

Se realizó una sola toma de datos para todas las variables, estas estuvieron condicionadas a su registro cuando las plantas presentaron el estado de anthesis.

Diámetro de tallo (DT)

Para esta variable se utilizaron 6 plantas de manera al azar, midiendo el diámetro del tallo a una altura media de la planta con un vernier digital marca Steren arrojando los datos en mm. Se utilizaron seis plantas por repetición.

Altura de planta (AP)

La altura de planta se midió con un flexómetro dando las mediciones en cm. Se midió desde la base de la planta hasta el la base del botón floral. Se utilizaron seis plantas por repetición.

Diámetro ecuatorial del botón floral (DEBF)

La medición del diámetro ecuatorial del botón se realizó cuando se presentó la anthesis con ayuda de un vernier digital, tomando de referencia la parte más ancha o media del botón, los datos se reportaron en mm. Se utilizaron tres plantas por cada repetición de las cuales se midieron tres botones florales.

Diámetro Polar del botón floral (DPBF)

Al igual que la variable anterior se utilizó el mismo proceso, pero en este caso se tomó como referencia desde la base del botón hasta la parte apical del mismo, reportándose en mm. Se utilizaron tres plantas por cada repetición de las cuales se midieron tres botones florales.

Días a floración (DF)

Para determinar los días a floración se contaron los días desde que se trasplantaron los bulbos hasta que abrió la primera flor de una planta por cada tratamiento. Los datos se reportaron en número de días. Se utilizaron tres plantas por repetición de las cuales se midieron las tres primeras flores que abrieron.

Diámetro de apertura floral (DAF)

Esta variable se midió con ayuda de un flexómetro cuando la flor abrió completamente, por lo que las mediciones se reportaron en cm. Se tomó la punta de un pétalo hasta la parte terminal del pétalo contrario. Se utilizaron tres plantas por repetición de las cuales se midieron las tres primeras flores que abrieron, realizando tres mediciones por cada flor, esto por la simetría que presenta.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizarse las evaluaciones correspondientes sobre las mediciones de cada tratamiento, se obtuvieron los siguientes datos que se ven reflejados en el Cuadro 4.1, arrojando los resultados sobre las diferentes Fuentes de Variación (FV), Grados de Libertad (GL), valores de los cuadros medios y el grado de significancia de acuerdo a cada factor.

Cuadro 4.1. Concentración de datos de cuadrados medios.

FV	GL	DT	AP	DEBF	DPBF	DF	DAF
A	2	0.938 NS	0.665 NS	0.798 NS	0.956 *	0.562 NS	0.995 **
B	3	0.230 NS	0.646 NS	0.377 NS	0.602 NS	0.298 NS	0.510 NS
A*B	6	0.038 NS	0.063 NS	0.477 NS	0.758 NS	0.192 NS	0.927 NS
Error	24	0.118	13.27	3.005	28.586	1.39	0.12
CV (%)		3.95	6.35	6.74	7.54	1.78	1,96

FV= Fuentes de Variación, GL= Grados de libertad, DT= Diámetro de tallo, AP= Altura de planta, DEBF= Diámetro ecuatorial del botón floral, DPBF= Diámetro polar del botón floral, DF= Días a floración, DAF= Diámetro de apertura floral, CV= Coeficiente de variación, NS= No significativo, * = Significativo, ** = Significativo.

4.1. Diámetro de tallo (DT)

Es una variable que destaca directamente en la relación que se tiene con el vigor de las varas, se prefieren varas de mayor diámetro sobre aquellas que tienen diámetros más delgados, debido a que presentan mayor resistencia en la comercialización, manejo de postcosecha o en la manipulación de estas sobre las actividades finales destinadas (arreglos florales).

Para el factor A (capacidad de extracción de fertilizantes), se encontró una respuesta estadísticamente No significativa, lo que indica que los resultados obtenidos son estadísticamente iguales, sin embargo, al realizar una comparación porcentual en la capacidad de extracción de fertilizantes, se encontró que cuando se utilizó una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año, superó en

un 3.75% para esta variable a la capacidad de extracción de 500 Kg de fertilizante/Ha/año, mientras que la capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año, superó en un 0.46% a la capacidad de extracción de 500 Kg de fertilizante/Ha/año. Estos resultados tienen similitud con los obtenidos por Anguiano, (2021), quien refiere, que al utilizar una capacidad de extracción de fertilizantes de 250, 500 y 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año, no hubo una diferencia estadísticamente significativa al evaluar el diámetro del tallo en tomate de cascara, por lo anterior señala que la capacidad de extracción de 500 Kg de fertilizante/Ha/año, es la más adecuada para un desarrollo favorable del cultivo debido a que se suministra la cantidad requerida, a menor costo y sin acumular minerales en el suelo. El hecho de que los lilis hayan manifestado una mayor capacidad de extracción de fertilizantes Kg/Ha/año, se puede explicar mediante la densidad de población que en el caso del tomatillo es de 35 mil plantas/Ha y para los lilis es de 325,000 mil plantas/Ha, estimando esta densidad mediante un acomodo de 60 plantas/1.2 m² de cama con un ancho de estas de 1.2 m. La respuesta favorable que se presentó hasta una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año para esta variable y que al aplicar o manejar una capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año haya sido mínima, es probable que los mejores resultados puedan ser obtenidos entre estas dos capacidades de extracción de fertilizante, por lo que se sugiere que futuras investigaciones se dirijan entre estos dos valores, es probable que la baja respuesta de los lilis para esta variable se deba a que se haya provocado un incremento de salinidad en el suelo.

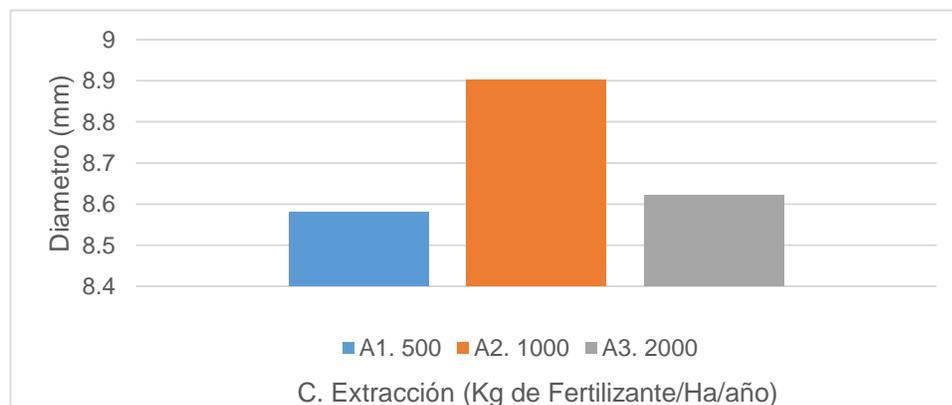


Figura 4.1. Respuesta del lili a la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año para el Diámetro de Tallo (DT).

Al realizar el análisis de varianza, se encontró una respuesta no significativa para el factor B (niveles de fertilidad de elementos menores), lo que indica que independientemente de los niveles de fertilidad empleados, los resultados a obtener son estadísticamente iguales, en general se observa un incremento, aunque mínimo en la respuesta a medida en que se incrementan los niveles de fertilidad; cuando en la interpretación del análisis de fertilidad para elementos menores estos superan al testigo, en donde solo se consideraron los niveles de fertilidad naturales con los que contaba el suelo en un 0.64%, mientras que cuando se utilizaron niveles medios de fertilidad superaron al testigo en un 0.94% y en un 1.96% cuando se utilizaron niveles altos de fertilidad. Esto coincide con Martin, (2013), donde hace mención que la aplicación de micronutrientes en el cultivo de caña de azúcar no tuvo diferencias significativas en las repeticiones y tratamientos de acuerdo a la evaluación de la variable diámetro de tallo; es probable que Martin en el 2013 haya obtenido estos resultados, considerando que el cultivo de la caña de azúcar se realizó generalmente en suelos con un pH ácido y el trabajo de tesis se estableció en un suelo que presentaba un pH alcalino de 8.52 que de acuerdo al diagrama de Troug los elementos menores con este nivel de pH se encuentran bloqueados además de que estos de manera natural se encontraban en un nivel bajo, por ejemplo; Fe (1.98 ppm), Mn (1.14 ppm), Zn (6.37 ppm), Cu (1.26 ppm) y al analizar los resultados se encontró una mejor respuesta conforme se manejaron nivel de fertilidad alta para estos cuatro elementos, (Ver figura 4.2), demostrando en parte que las lilis demandan niveles de fertilidad altos para elementos menores.

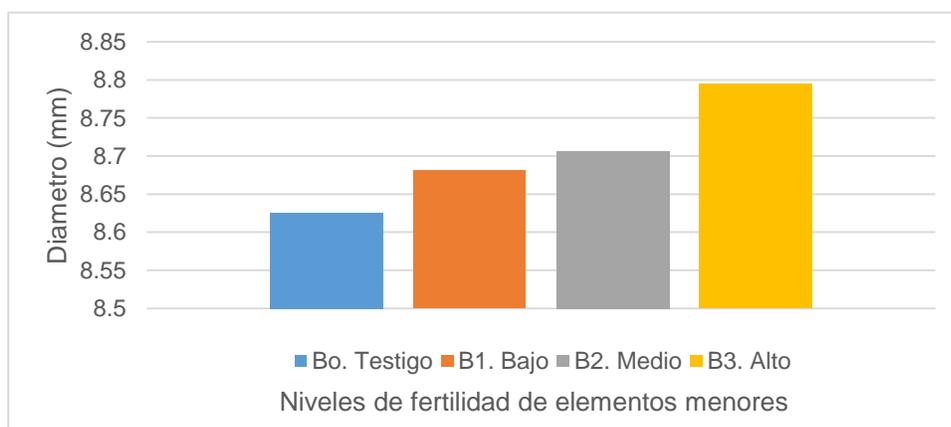


Figura 4.2. Respuesta del lili a los niveles de elementos menores de fertilidad para la variable Diámetro de Tallo (DT).

Para la interpretación de factores A * B (niveles de fertilidad de elementos menores * capacidad de extracción de fertilizantes) se encontró una respuesta estadística no significativa, lo que indica que ambos factores no son dependientes y la respuesta no está condicionada al comportamiento entre estos dos factores.

En general se observa un incremento en la respuesta conforme se incrementa los niveles de fertilidad de elementos menores en los procesos de interpretación del análisis de suelo y para la capacidad de extracción de fertilizantes los resultados son satisfactorios hasta una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año, puesto que al incrementar la capacidad de extracción a 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año los resultados no son satisfactorios. Es probable que esto se deba a un incremento en los niveles de salinidad en el suelo provocados por la aplicación de los fertilizantes empleados o porque se trata de una especie bulbosa en la que se maneja una densidad de población alta.

4.2. Altura de planta (AP)

Esta variable es primordial en la demanda de la flor, al estar relacionada con el porte ya que es una especie que se utiliza para arreglos florales y en su mayoría para darles una vista destacada en altura. Esto conlleva a la importancia que tiene en su clasificación y calidad en el mercado nacional o internacional, donde se tendrá mayor aceptación y valor comercial las de porte alto.

En la evaluación del factor A se obtuvo una respuesta no significativa al realizar el análisis de varianza, lo que indica que los resultados obtenidos en la evaluación de los tratamientos fueron estadísticamente iguales, sin embargo, al realizarse una comparación porcentual, donde los mayores valores se encontraron en la capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año, puesto que supero en un 2.31% a la capacidad de 500 Kg de fertilizante/Ha/año donde se registraron las menores alturas, mientras que la capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año aumentó en un 0.66% en comparación a la anterior. Esto concuerda con Del Ángel, (2022), quien, al trabajar con capacidades de extracción de 0, 250, 500, 1,000 y 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año, no encontró una respuesta significativa para la variable longitud del tallo en campanita de Irlanda, resaltando que al utilizar

capacidades de extracción bajas, se pueden cumplir los requisitos que demanda la especie para producir calidad y por el contrario al implementar una capacidad de extracción cada vez más alta los valores van disminuyendo para la longitud de las varas, haciendo mención que es una especie que demanda baja cantidad de fertilizante, debido a su naturaleza genética de mala hierba.

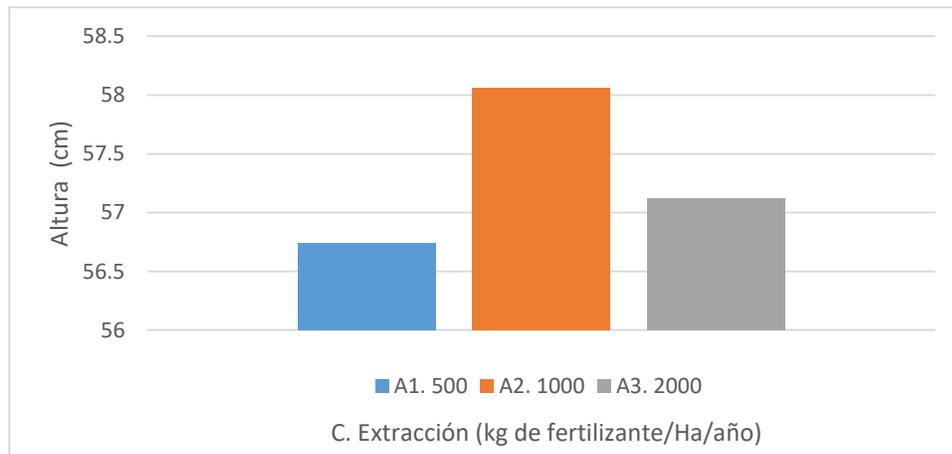


Figura 4.3. Respuesta del lili a la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año a la Altura de Planta (AP).

Al realizar el análisis estadístico para esta variable se encontró una respuesta estadísticamente no significativa para el factor B (niveles de fertilidad de elementos menores), sin embargo, al realizar una comparación porcentual, se aprecia que los niveles bajos de fertilidad, tuvieron una respuesta diferente con efectos positivos en comparación a los otros niveles, ya que este superó al testigo en un 5.36%, mientras que los niveles medios de fertilidad superaron al testigo en un 3.91% y en un 4.19% los niveles altos. Indicando que la aplicación de niveles bajos de fertilidad, son favorable para mejorar los valores de esta variable, al igual que en términos económicos debido a la adquisición e implementación de fertilizantes. Por otra parte, Reyes, (2016) menciona que al evaluar la aplicación foliar con 72 mg/L de Zn y 160 mg/L de Mg y manejando una solución Steiner en *Lilium* cv. Serrada, aumentó 9 cm respecto al testigo en la altura de la planta, resaltando que fue el tratamiento con menor dosis de nutrimentos. En la investigación de Barrientos y Bertsch, (2012), se clasificaron por tamaños (pequeño, mediano, grandes) las plantas de lilis para evaluar el efecto de la aplicación de programas de fertilización (Sin granular, Programa de la finca, Requisito, Ajustado y testigo), adicionadas con una

fertilización con macros y microelementos excluyendo al testigo, donde menciona que al evaluar la altura de las variedades Brunello, Algarve, Alma Ata y Siberia, no mostraron diferencias significativas para la clasificación grandes, sin embargo, en las pequeñas y medianas fue lo contrario, esto de acuerdo a la clasificación por el calibre de bulbo, demostrando la importancia de la aplicación de fertilización, además de que bajar las dosis de fertilización repercute en la calidad de los tallos comerciales. Los datos obtenidos de acuerdo a los autores mencionados con los de la presente investigación para esta variable, permite deducir, que la aplicación de los elementos minerales tendrá un efecto positivo, aunque mínimo para incrementar los valores, por lo que se sugiere seguir haciendo investigaciones entre los niveles de fertilidad bajos y medios. La importancia de los elementos menores para esta variable, se puede explicar, debido a que son requeridos para que los elementos mayores desempeñen sus funciones eficientemente en la fisiología de la planta; uno de los minerales principales en la división celular y elongación es el N, por lo que en su ciclo requiere de elementos menores en específico, pudiendo destacar la importancia del Mo, en la asimilación y fijación del N al formar el cofactor de molibdeno (MoCo); el Fe, siendo parte fundamental para formar la hemoproteína para la nitrito reductasa, además de la importancia de los demás elementos requeridos en nutrición vegetal.

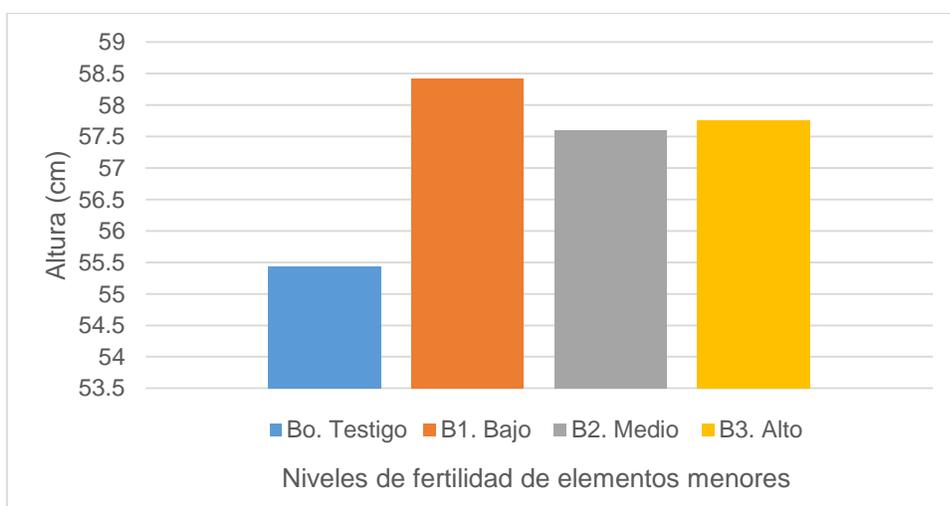


Figura 4.4. Respuesta del lili a los niveles de fertilidad de elementos menores para la variable Altura de Planta (AP).

En la interacción entre los factores A * B (niveles de fertilidad de elementos menores * capacidad de extracción de fertilizantes) se encontró que ambos factores tienen un comportamiento independiente por lo que no favorecerá ni beneficiará de manera mutua en la altura de la planta.

Se puede observar que al aplicar una cantidad menor de fertilizantes, la planta se ve afectada en su crecimiento por falta de elementos menores en la solución del suelo y en menor medida cuando se aplica una capacidad de extracción alta, por consiguiente, la planta demanda una capacidad de extracción intermedia, esto se puede deber a que es una especie bulbosa, que ya contiene cierta cantidad de minerales almacenados y requiere de un aporte bajo de fertilizantes para culminar su desarrollo y obtener calidad, además de que es sensible a altas concentraciones de sales que se obtienen con aplicaciones altas de fertilizantes, se deben de considerar los factores ambientales que se presentaron debido a que hubo una alteración no favorable entre temperatura y precipitación, que en conjunto con lo anterior pudieron provocar un tipo de estrés en la planta, que afectara su crecimiento o un desbalance en la absorción y disposición de nutrientes del suelo. Con respecto a los niveles de fertilidad de elementos menores existe una relación semejante entre los niveles medios y altos, sin embargo, sobresale los niveles bajos, indicando que con menor cantidad de fertilizantes se pueden obtener mayor longitud en las varas en comparación con el testigo, donde no hubo aplicación de elementos menores, lo que resulta positivo para la producción a menor costo.

4.3. Diámetro ecuatorial del botón floral (DEBF)

Es una de las variables que tiene importancia en la calidad final del producto, por ser una especie que se comercializa con botones cerrados, por lo anterior, la información recabada se puede estimar sobre la calidad de la flor que podría presentar con respecto al ancho del pétalo, teniendo mayores dimensiones de este, beneficiando la presentación de la flor en su etapa final de comercialización, puesto que serán más atractivas las varas que tengan los botones con un diámetro ecuatorial mayor.

Al realizar el análisis de datos para el factor A (capacidad de extracción de fertilizantes), no se encontró una respuesta significativa para esta variable, sin embargo, al implementar una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año, se obtuvo una mejor respuesta para el diámetro ecuatorial del botón floral, aumentando 4.21% en comparación a la capacidad de extracción de 500 Kg fertilizante/Ha/año, la cual tuvo un comportamiento similar a la capacidad de extracción de 2,000 Kg fertilizante/Ha/año, mientras la capacidad de extracción de 2,000 Kg fertilizante/Ha/año, tuvo una disminución del 0.48%, lo que permite intuir, que al emplear esta capacidad de extracción alta no tendrá un efecto positivo en la calidad del botón, por ende al utilizar más cantidad de fertilizante y no obtener resultados favorables en la calidad de la planta se traduce en pérdidas económicas. Esto coincide con el trabajo de Gonzales, (2022), donde se estudió capacidades de extracción de 500, 1,000, 1,500 y 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año, en el cultivo de ajo, encontrando que tampoco existió diferencia significativa en los resultados sobre el diámetro ecuatorial del bulbo, debido a que el suelo contaba con buenos niveles de fertilidad para el desarrollo y crecimiento del ajo, sin embargo menciona que se debe de suplementar una cantidad de fertilizantes, que no sobrepase la capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año para mantener los niveles de fertilidad del suelo y permitir una aceptable calidad. La similitud de los datos obtenidos para esta variable con los mencionado por Gonzales, (2022), puede deberse, al tratarse de dos especies bulbosas con capacidades de acumulación de reservas nutrimentales, pertenecientes a la familia liliáceae, por lo tanto, las características genéticas pueden ser similares y con ello también la cantidad de fertilizante demandante en ciertas especies, además de que la densidad de plantación de ajo puede ser de 245,000 mil plantas/Ha (línea simple) y 313,000 mil plantas/Ha (doble hilera), es en un tanto similar al de las lilis que alcanza las 325,000 mil plantas/Ha, por lo que, hace pensar del porqué ambas especies demandan una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año.

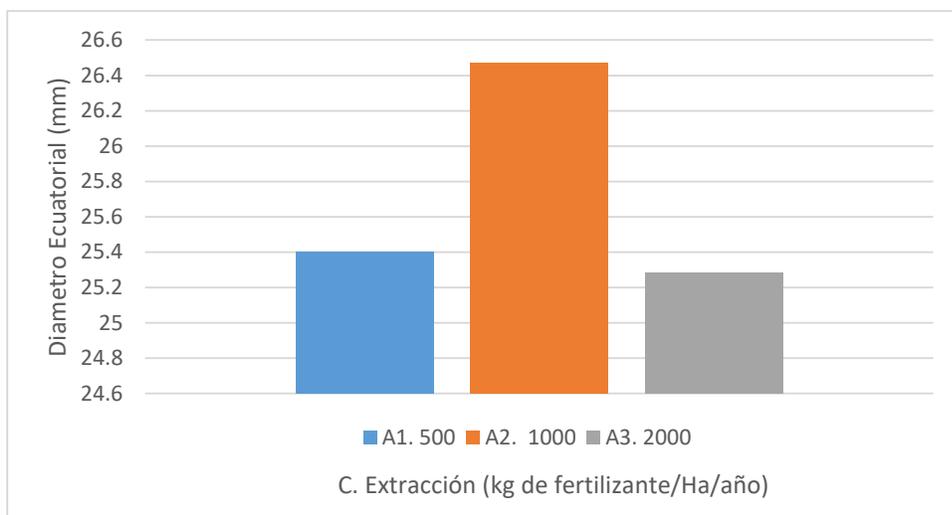


Figura 4.5. Respuesta del lili a la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año para la variable Diámetro Ecuatorial del Botón Floral (DEBF).

Después de realizar la lectura de datos y su análisis respectivo, mediante el programa estadístico empleado para esta variable se encontró que no hay respuesta significativa para el factor B, niveles de fertilidad de elementos menores, lo que hace relevante realizar una comparación porcentual para conocer el impacto de cada factor. Los niveles medios de elementos menores fueron los que tuvieron un incremento del 3.08%, seguido de los niveles bajos de elementos menores con 2.66% y por último se encontró que los niveles altos de elementos menores tuvieron un efecto negativo al disminuir el diámetro ecuatorial del botón en un 0.32% en comparación con el testigo. Esto indica que al usar un nivel de fertilidad alto de elementos menores afecta el desarrollo del botón floral y por el contrario con un nivel medio de elementos menores se puede incrementar las características favorables del botón, deduciendo que el nivel bajo de fertilidad de elementos menores es intermedio y de igual manera, muestra un efecto positivo en la calidad de la flor y por cuestión de inversión sería el más adecuado a implementar para obtener un diámetro ecuatorial adecuado del botón floral, esto puede ser atribuido a lo que reporta Ramírez, *et al.*, (2004), quienes mencionan que la mayor eficiencia de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe, B, Mo, y Cu es mayor en la asimilación/cama/semana en una fórmula con baja concentración de nutrientes, debido a que hay mayor tasa de incorporación, translocación y removilización de

estos minerales en plantas de clavel miniatura. Esto no coincide con Dávila, (2021), quien reporta que al implementar una dosis de fertilización de elementos menores, obtuvo un incremento en el diámetro ecuatorial en ajo, encontrando estos resultados en la dosis baja de elementos menores y en el testigo, además de mencionar que al implementar una dosis de fertilidad alta de elementos menores disminuye los valores de cierta variable, pudiéndose deber a su grado de toxicidad de los elementos en la planta y a los niveles de fertilidad que demanda cada especie y variedad. El tipo de respuesta de las lilis en comparación con la investigación de Dávila, (2021), para esta variable, puede atribuirse, a que son dos tipos de estados fenológicos o procesos diferentes en los que se obtuvieron los datos y con ello, las funciones de los elementos menores pueden ser centradas en ciertos procesos que conllevan al llenado del ajo o en este caso a la formación de los botones florales, haciendo énfasis en el B, el cual es requerido para la formación del tubo polínico y con ello en la viabilidad del polen para el proceso de floración, además de crear el diol-éster borato estable requerido en la red estructural de la pared celular, mientras el Zn cumple con funciones para alcanzar la mejor expresión genética de una especie, además de favorecer la formación de polen y flores. Se debe de tener cuenta la esencialidad de los demás minerales requeridos en el metabolismo de las plantas.

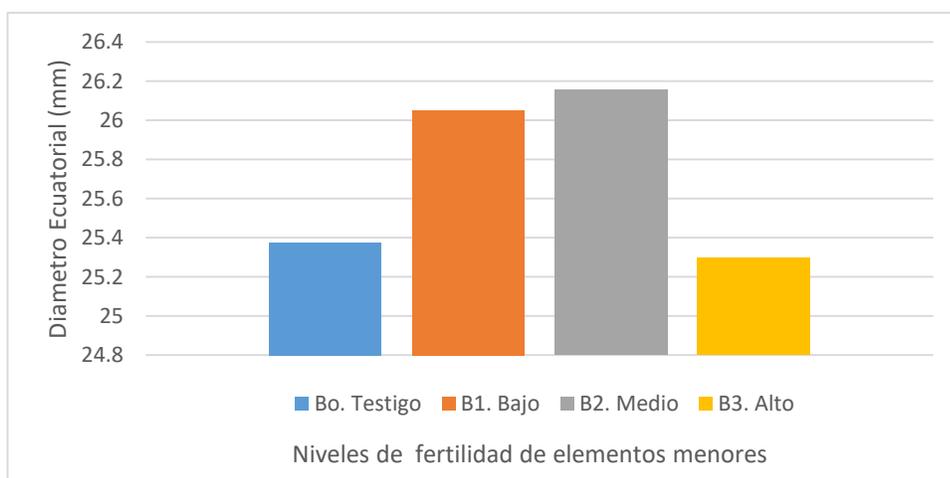


Figura 4.6. Respuesta del lili a los niveles de fertilidad de elementos menores para la variable Diámetro Ecuatorial del Botón Floral (DEBF).

En la interacción de los factores A * B (Capacidad de extracción de fertilizante Ha/año * niveles de elementos menores de fertilidad) no se encontró una respuesta

significativa, lo que refiere que son dos factores independientes que no tendrán un impacto en conjunto.

4.4. Diámetro Polar del Botón Floral (DPBF)

Es una de las variables, que esta mayormente relacionada con la calidad y clasificación de las flores porque de ella dependerá el tamaño final que tendrá la flor, en lo que respecta a la medida longitudinal, por lo mismo, está estrechamente relacionado con la expresión de la variable “Diámetro de apertura floral”. Si se tiene mayor diámetro polar del botón tendrá como resultado una flor de mayor tamaño posterior a la antesis.

Para el factor A (capacidad de extracción de fertilizantes), se encontró una respuesta significativa, se observa en la figura 4.7, que manejando una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año, tuvo un impacto favorable, incrementando el diámetro polar del botón floral, superando a la capacidad de extracción de 500 Kg de fertilizante/Ha/año en un 6.34% deduciendo que la planta requiere de cierta cantidad de fertilizante para expresar su potencial genético, por lo que se recomienda implementar directa al cultivo esta capacidad de extracción, por el contrario la capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año, tuvo un efecto negativo al disminuir esta variable en 1.58%, haciendo constar que al emplear más cantidad de fertilizante en la nutrición mineral de esta especie, no se logran resultados favorables en la calidad del botón floral, en lo que refiere al diámetro polar, siendo no recomendada su aplicación tal vez por alterar el metabolismo de la planta por altas concentraciones de sales, de igual manera por los términos económicos que serán mayores. Esto coincide con Pérez, (2015), al reportar que el uso de una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año y presiembra, hay un incremento en el diámetro polar en frutos de chile habanero. Por el contrario, Guerrero, (2018), menciona que al implementar una capacidad de 500 y 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año en el cultivo de calabacita, no se encontró una respuesta significativa en el diámetro polar del fruto ya que esto se determina por las características genéticas de las especies.

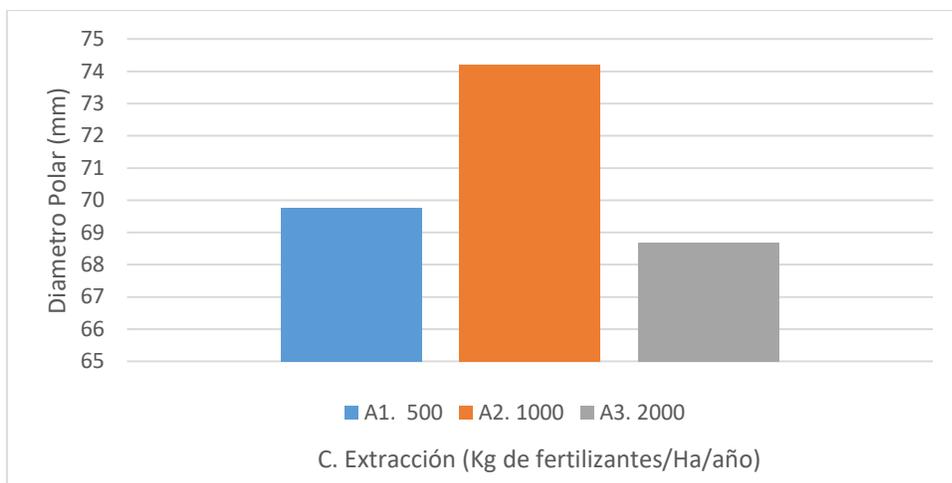


Figura 4.7. Respuesta del lili a la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año para la variable Diámetro Polar del Botón Floral (DEBF).

Al realizar el análisis estadístico para la variable Diámetro polar del botón floral se encontró una respuesta estadísticamente no significativa para el factor B, sin embargo, se observa que al incrementar los niveles de elementos menores de fertilidad con respecto a los que contaba el suelo naturalmente, para esta variable se aprecia un incremento favorable hasta el nivel medio, ya que en este se encontraron los diámetros polares mayores del botón floral superando al testigo en un 4.26%, mientras que el nivel bajo de elementos menores lo supero en un 3.07%, en cambio, el nivel alto tuvo un decrecimiento del 1.29%, haciendo notar que la planta fue afectada por implementar un nivel de fertilidad alto de elementos menores en la solución del suelo, repercutiendo en el tamaño del botón floral y por ende en la calidad final de la flor. Según Tomas, (2015), reporta que no se encontraron diferencias significativas en el híbrido Litouwen de acuerdo a la longitud del pimpollo tras evaluar una fertilización de NPK a razón 15:5:10 en fertirriego y una fertilización foliar completa con macroelementos y microelementos (quelatados) a diferentes dosis y concentraciones. Esto puede ser atribuido en parte, a que las características genéticas del lili ya están un tanto determinadas por los calibres de los bulbos, puesto que existe una relación entre el número de botones florales y el calibre, por ende, el tamaño del diámetro polar del botón debe de estar también relacionado con lo anterior, sin embargo, para que una especie o variedad pueda expresar su máximo potencial genético es requerido el suplemento de los elementos minerales requeridos en la nutrición vegetal.

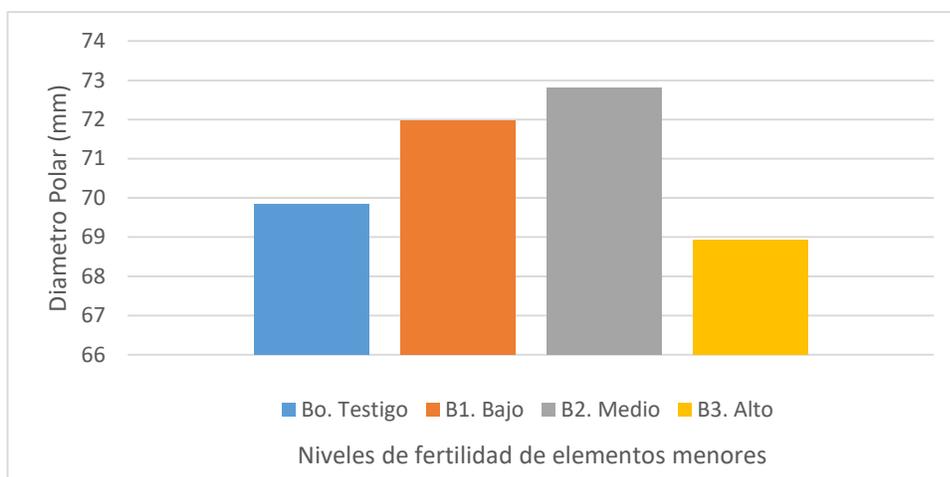


Figura 4.8. Respuesta de lili a los niveles de fertilidad de elementos menores para la variable Diámetro Polar del Botón Floral (DPBF).

Para la interacción de los factores A * B (Capacidad de extracción de fertilizante Ha/año * niveles de elementos menores de fertilidad), no se encontró una respuesta significativa, lo que refiere que estos dos factores muestran un comportamiento independiente.

Se puede deducir que la planta demanda de una cierta capacidad de extracción de fertilizantes y niveles de fertilidad de elementos menores para poder obtener diámetros polares adecuados del botón floral, en el factor A se observa un incremento favorable hasta una capacidad de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año en comparación con el Factor B, se observa un comportamiento similar puesto que al ir incrementando el nivel de elementos menores se obtienen mejores resultados hasta un nivel de fertilidad medio, ya que al llegar al nivel alto se reduce el tamaño polar del botón, esto podría deberse a la cantidad alta de fertilizantes empleados en el suelo, ya que esta especie no tolera niveles altos de sales, pudiendo llegar a provocar un desbalance metabólico en la planta.

4.5. Días a floración (DF)

Los días a floración influyen de manera significativa en la respuesta a la antesis de la flor, con ello nos proporcionará una referencia de la cantidad de días en los que llega al punto de apertura floral, además de recabar información para programar la cosecha o vaciado de cama, con la finalidad de tener un control de tiempo para su adecuada comercialización y distribución.

En la relación con el factor A (capacidades de extracción de fertilizante/Kg/ Ha/año), se encontró una respuesta estadística no significativa, puesto que los tratamientos tuvieron una respuesta mínima de diferencia con relación a A₁ (capacidad de 500 Kg de fertilizante Ha/año), A₂ (capacidad de extracción de 1,000 Kg fertilizante Ha/año), mostró un efecto precoz de tan solo 0.03%, mientras A₃ (capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año) tuvo un efecto diferente, siendo tardío pero de igual manera en un porcentaje mínimo del 0.81%. Esto no coincide con la investigación de Hernández, (2022), quien reportó que si hubo una diferencia estadística al utilizar una capacidad de extracción de 1,000 y 2,000 Kg fertilizante Ha/año en el cultivo de girasol, donde hubo una precocidad para los días a cosecha, mientras para la capacidad de 500 Kg fertilizante Ha/año, se registraron el mayor número de días, esto pudiéndose deber a la demanda baja de la cantidad de fertilizante por ser una especie rustica y por un estrés salino por altas concentraciones de fertilizantes en el suelo. El tipo de respuesta diferente que se presentó en el cultivo de lili con respecto al girasol pudo estar también relacionado con el tipo de densidades de siembra en las que se pueden manejar, en girasol va de 40,000 hasta las 70,000 plantas/Ha, en cambio, las lilis llegan a cuadruplicar esta densidad, dependiendo del acomodo topológico que puede variar, aunado a esto la demanda de fertilizante está relacionado con la capacidad de extracción de los minerales que tiene cada especie y la competencia entre suelo y planta, además de los microbiota presente. La respuesta variante que se presentó en el cultivo de lilis con respecto al girasol pudo estar también relacionado con el tipo de fotoperiodo que presenta cada especie, ya que en el girasol puede haber cultivares de día neutro, corto y largo; en general es una especie neutra al fotoperiodo, en cambio la lili presenta uno de tipo largo y el suplemento de la cantidad de fertilizante puede jugar un papel importante en la regulación y acumulación de reservas en su metabolismo.

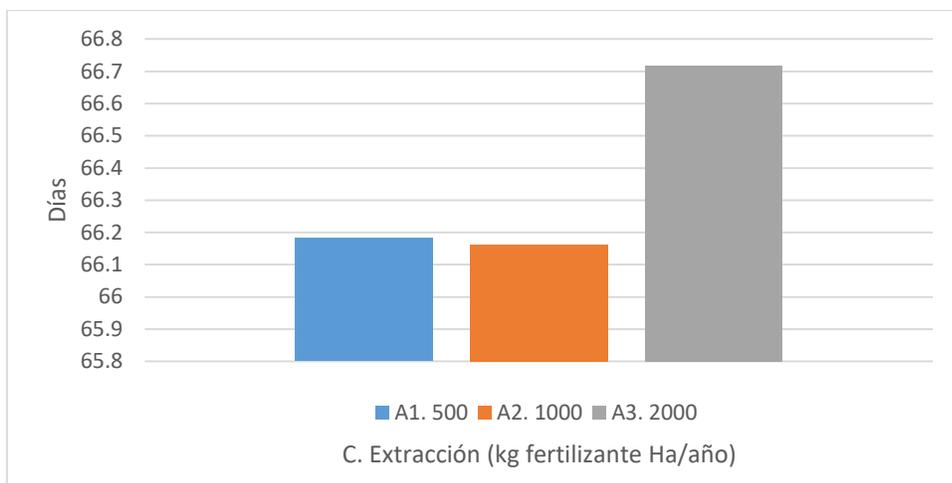


Figura 4.9. Respuesta del lili a la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año para la variable Días a Floración (DF).

Al analizar los resultados para el factor B (niveles de fertilidad de elementos menores), se obtuvo una respuesta estadísticamente no significativa para esta variable, demostrando que la aplicación de los diferentes niveles de fertilidad de elementos menores no influye de manera estadística en relación a los días a floración. Aunque se puede observar un mínimo de precocidad para los niveles medios y bajos en un 0.26 % y 0.61% en días a la apertura floral con respecto al testigo, mientras los niveles altos tuvieron una respuesta contraria, aunque en un porcentaje mínimo por retrasar la apertura floral en un 0.35%. Esto no coincide con lo obtenido por Bravo, (2011), quien menciona que al aplicar microelementos con un programa de fertilización química en el cultivo de arroz se obtuvo una respuesta estadísticamente significativa de acuerdo a los días a floración para el tratamiento NPK + Microelementos 2, el cual fue superior a todos los tratamientos con mayor número de días. El tipo de respuesta que se reportó por el autor anterior en comparación con las lilis, puede ser atribuido a que hubo una variación en la aplicación de elementos mayores de acuerdo con lo reportado en la investigación, por lo cual, en el metabolismo de la planta pudiera llegar a provocar alteraciones que dependen las cantidades suministradas, sin embargo, resalta la importancia de la aplicación de los elementos menores para los días a floración. También Carpio, (2017), encontró que, si había una respuesta estadísticamente diferente en cuanto a los días a cosecha en el cultivo de maíz, tras evaluar las fuentes de micronutrientes e interacciones, pero para el tipo de híbrido fue lo contrario. De

acuerdo con los resultados obtenidos en el cultivo de maíz y en comparación con la respuesta de las lilis para esta variable, puede deberse, que es una especie en la cual las funciones de los elementos menores son más específicas y requeridas para las etapas V3, VT y R1; las lilis son una especie que se puede considerar que esta más regulada de acuerdo a la cantidad de luz suministrada para llegar a los días a floración, esto pudiendo deberse a que son sensibles a una alteración a este factor y a la temperatura presente durante el desarrollo del cultivo

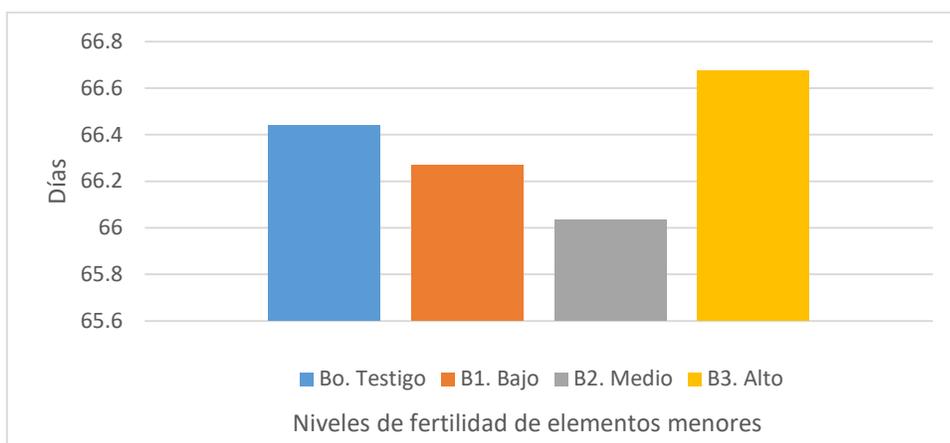


Figura 4.10. Respuesta del lili a los niveles de fertilidad de elementos menores de para la variable Días a Floración (DF).

La relación de los factores A * B (capacidad de extracción de fertilizantes Ha/año * niveles de fertilidad de elementos menores), reporta una respuesta estadística no significativa, lo que indica que estos factores muestran un comportamiento independiente, al no tener una relación mutua en el impacto sobre los días que tarda la planta para llegar a la apertura floral.

Pudiera ser, que la aplicación de estos dos factores no hayan tenido un impacto marcado en esta variable, debido a que la información que se brinda por parte de la empresa que distribuye los ejemplares del híbrido Asiático empleados en esta investigación, hace referencia que la alteración de la precocidad para días a floración podría ser atribuida a la cantidad de horas luz a las que estuvieron expuestas en el transcurso del ciclo del cultivo, ya que esta especie es proveniente de Holanda, donde se tienen condiciones edafoclimáticas más adecuadas para su desarrollo, siendo una de las principales la cantidad de horas luz que recibe cierta región, estas son menores en comparación con las que se presentan en el sitio

experimental, además de trabajarse como un cultivo protegido para reducir la intensidad lumínica y tener controlados los factores climáticos.

4.6 Diámetro de apertura floral (DAF)

En las especies ornamentales en su mayoría, es un variable importante que influye en la calidad de la flor, es el diámetro de apertura floral, puesto que una flor con mayor diámetro floral o más grande suele obtener un valor estético mayor y por consiguiente obtendrá un valor monetario más alto en el mercado, al igual que aceptación por los consumidores finales.

En lo que respecta al factor A (capacidades de extracción de fertilizantes/Ha/año), se encontró que sí existe una respuesta altamente significativa, haciendo constar que la aplicación de la capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizantes/Ha/año se obtienen mayores diámetros de la apertura floral en el cultivo de lilis, superando en un 3.00% a la capacidad de extracción de 500 Kg de fertilizantes/Ha/año, donde se encontraron los resultados más bajos, por otra parte la capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizantes/Ha/año, se mantuvo en una posición intermedia entre estas dos capacidades de extracción, debido a que superó a la anterior en un 1.66%. La aplicación de cierta cantidad de fertilizantes en lilis es óptima, para obtener flores de mayor tamaño y mayor apariencia, aumentado su calidad y resultando de menor inversión. Estos resultados coinciden con Hernández, (2014), quien en su investigación sobre la aplicación de presiembra, y dosis de fertirriego en dos variedades de lilis, demostró que al suministrar una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año, registró los mayores diámetros de la flor (17.96 cm), seguido del testigo sin aplicación de fertilizantes suplementarios. Deduciendo que los resultados fueron satisfactoriamente hasta una capacidad de extracción de 2,500 Kg de fertilizantes/Ha/año, porque entre más se iba aumentando la fertilización los valores se iban reduciendo. Aunque en la presente investigación no se manejó el programa de presiembra, los datos fueron satisfactorios, ya que, entre las capacidades de extracción en ambos trabajos que va de 1,000 a 2,500 Kg de fertilizante/Ha/año se encontraron los mejores valores en esta variable que son favorables para obtener mejor calidad en el aspecto de la flor. En esta especie se

debe de tener un equilibrio entre la cantidad de fertilizantes a suministrar y la demanda, en cierta parte debido a las características genéticas y los demás aspectos a tomar en cuenta para realizar una solución nutritiva. Si los valores van disminuyendo conforme se aumenta la capacidad de extracción de fertilizante, es probable que se deba a la capacidad de absorción de los elementos minerales dado que los tipos de raíz que presentan son sensibles a altas concentraciones de sales en el suelo, aunado a esto el pH en el que se manejó específico fue alcalino con presencia de sodio, llegando a presentar una acumulación de sales.

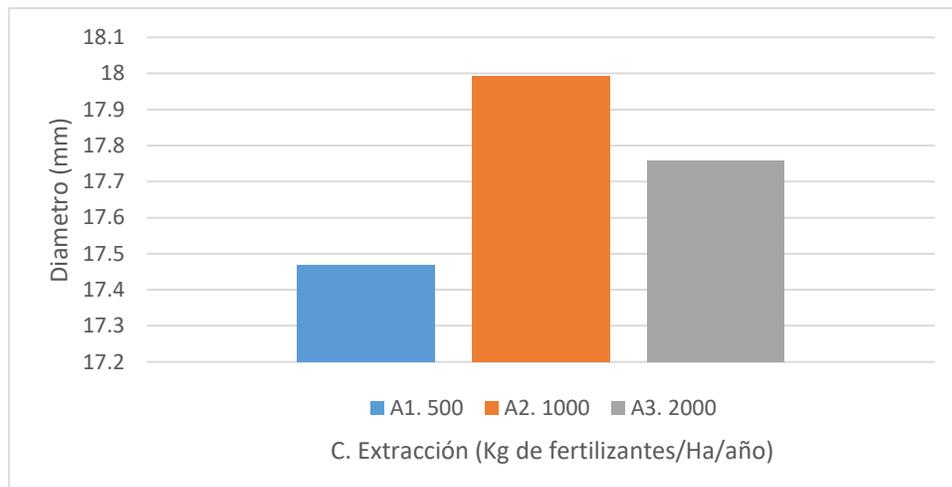


Figura 4.11. Respuesta del lili a la capacidad de extracción de fertilizante en Kg/Ha/año para la variable Diámetro de Apertura Floral (DAF).

Al realizar el análisis de los datos en el programa estadístico empleado se encontró que para el factor B, siendo los niveles de fertilidad de elementos menores, se encontró una respuesta estadística no significativa, sin embargo, realizando una comparación porcentual para esta variable, los niveles bajos superaron al testigo tan solo por el 1.33%, los niveles altos en un 0.52% y en menor medida los niveles medios con el 0.12%, encontrándose aquí los menores diámetros de la apertura floral. Esto se puede comparar con la investigación de Cárdenas, (2011), en la que se evaluó la aplicación de una solución completa, considerando macros y microelementos, una solución interrumpida y otra con fertilización solo con K + Ca; las cuales no mostraron una respuesta significativa en cuanto al número y diámetro en flores de lilis. También Aguilar, (2014), reporta que no obtuvo una respuesta significativa en la aplicación de los niveles de nutrición empleados en el cultivo de

nochebuena para el diámetro de la inflorescencia, sin embargo, menciona que el nivel donde hubo una mejor respuesta fue el intermedio (al 50%) de la formula, seguido del nivel bajo (al 25%), por lo que, hace énfasis entre más se incrementa el nivel de nutrición, los valores van disminuyendo, pudiéndose atribuir esta respuesta, a la dificultad de la absorción de minerales por efectos de concentraciones mayores de sales en el suelo.

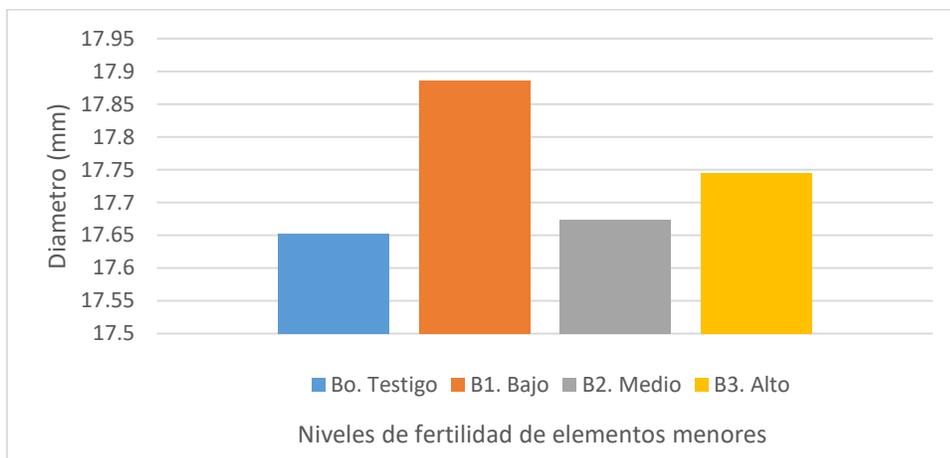


Figura 4.12. Respuesta del lili a los niveles de fertilidad de elementos menores para la variable Diámetro de Apertura Floral (DAF).

Al evaluar la interacción de los factores A * B (niveles de fertilidad de elementos menores * capacidad de extracción de fertilizantes), no se encontró una respuesta estadísticamente significativa, por lo que se puede mencionar que no hubo una respuesta positiva en la relación de los dos factores en el diámetro de apertura floral.

V. CONCLUSIONES

Con base a las condiciones en las que se desarrolló la presente investigación y los resultados que se obtuvieron, se puede concluir con lo siguiente:

La lili es un cultivo que para producir varas florales con calidad demanda baja cantidad de fertilizantes, al igual que los niveles de fertilidad de elementos menores en su desarrollo, debido a que es una especie bulbosa que contiene reservas para suplementar las etapas iniciales, pero no para todo su ciclo. Los niveles de fertilidad de elementos menores para las variables evaluadas fueron más satisfactorios al implementar un nivel bajo y medio, mientras niveles altos y sin aplicación tienden a disminuir los valores de las variables evaluadas.

La capacidad de extracción de fertilizante en la que se obtuvieron los mejores resultados, fue la de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año, siendo una cantidad que satisface las necesidades del cultivo, promueve la fertilidad del suelo y la obtención de mejores resultados en la producción de las varas florales.

Los lilis, durante su proceso de cultivo, no demanda altos niveles de fertilidad de elementos menores en el suelo, para producir flores y varas con calidad.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos que resultaron con efectos positivos al propiciar una mejor respuesta en flores de lilis, se recomienda efectuar los siguientes aspectos

Realizar un análisis de suelo fisicoquímico, para tener un conocimiento preciso sobre las propiedades y estado en el que se encuentra el suelo, para ser más eficientes, al manejar los términos de fertilidad y capacidad productiva.

Conocer los requerimientos nutricionales dependiendo de la especie y variedad a emplear dependiendo de los estados fenológicos de la planta.

Tras haber manejado el cultivo en la presente investigación, se recomienda la aplicación de un nivel de fertilidad bajo de elementos menores y capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año o un nivel alto en relación a una capacidad de extracción de 500 Kg de fertilizante/Ha/año.

Se recomienda seguir estudiando los niveles de fertilidad de elementos menores, haciendo énfasis en Fe y Zn, los cuales se presentaron visualmente más deficitarios en las plantas de lilis.

VII. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J. F. (2014). Aplicación de Niveles de Nutrición en 10 Variedades de Gerbera y Calidad en Flor de Corte. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. p. 36.
- Alarcón, V. A. L. (2001). El boro como nutriente esencial. Revista de Industria Distribución y Socioeconomía Hortícola, ISSN: 1132-2950, p. 2–5.
- Alfaro, M., Bernier, R., & Iraira, S. (2006). Efecto de Fuentes de Azufre Sobre el Rendimiento y Calidad de Trigo y Pradera en Dos Andisoles. Agric. Téc. – Vol. 66 – No. 3.
- Álvarez, H. J. R. (2014). Monitoreo de potasio (K) y calcio (Ca) en extracto de hojas de chile habanero (*Capsicum chinense* L). Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Quintana Roo, México. Informe técnico de residencia profesional. p. 16.
- Álvarez, S. M. E., Maldonado, T. R. García, M. R., Almaguer, V. G., Rupit, A. J., & Zavala, E. F. (2008). Suministro de Calcio en el Desarrollo y Nutrición de *Lilium* asiático. Revista Agrociencia – Vol. 42 – No. 8.
- Álvaro, G. L. C. (2002). Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) al a fertilización con nitrógeno, fosforo, potasio y zinc e n suelos del norte de Tamaulipas. Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín, Nuevo León, México. Tesis para optar el grado de maestro en Ciencias en Producción Agraria. p. 5.
- Amezcuca, R. J. C. & Lara, F. M. (2017). El zinc en las plantas. Ciencia – Vol. 68 – No. 3 – pp. 30, 31.
- Anguiano, M. E. N. (2021). Uso de Productos Orgánicos y Nutrición Completa en la Producción de Tomate de Cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. p. 50.
- Aranda, P., Planells, E., & Juan Llopis. (2000). Magnesio. Ars Pharmaceutica – Vol. 41 – No.1 – pp. 92, 93.
- Arredondo, Q, J, A. (2020). Establecimiento de simbiosis micorrízico – arbuscular en plantas de tomate tratadas con fertilizante fosfatado microencapsulado con almidón. Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila, México. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias en Agroplasticultura. pp. 1 – 3.

- Baran, E. J. (2021). Editado por Enrique José Baran. 1ra ed volumen combinado. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ANCEFN – Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2021. pp. 130–133.
- Barrientos, I. B. L., & Bertsch, F. (2012). Curvas de absorción de nutrimentos para tres variedades de Lirios (*Lilium sp.*) y afinamiento del programa de fertilización en una finca comercial en Heredia, Costa Rica. *Revista Agron. Costarricense* – Vol. 36 – No. 2.
- Bonza, E. M., Pinzón, S.E. H., & Álvarez, H. J. G. (2016). Efecto del nitrato de potasio y la sacarosa sobre el rendimiento de plantas de cebolla (*Allium cepa L.*). *Tema Agrarios* – Vol. 21– No. 2 –p. 41.
- Borda, O. S. (2015). “Aplicación Foliar de Potasio en el Rendimiento y Calidad del Cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*) Cv. Black Fire Bajo Condiciones de Cañete”. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. p. 14.
- Bravo, C. M. A. (2011). “Determinación del efecto de microelementos en combinación con un programa de fertilización química, sobre el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*), variedad INIAP 15 bajo sistema de riego en la zona de Babahoyo”. Universidad Técnica De Babahoyo, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador. Tesis para optar al título de Ingeniero Agropecuario. p. 25.
- Bravo, R. D. (2014). Impacto de la fertilización con nitrógeno y azufre sobre el valor nutritivo del forraje y rendimiento de trigo doble propósito. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. p. 8.
- Briceño, Z. G. T. (2019). Dos Cultivares de *Lilium sp.* en Tres Sustratos Bajo Invernadero, Distrito de Socabaya – Arequipa. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú. p 5.
- Calderón, T. S. A. (2012). Respuesta de Diez Variedades de Liris (*Lilium.spp*) al Uso de Mallas de Color. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. pp 4 – 8.
- Cárdenas, H. D. (2021). Fertilización Orgánico-Mineral y Uso de Micorrizas en el Cultivo de *Lilium Hybrid* Var. Indian Summerset. Tesis para Obtener el Grado de Maestro en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma Del Estado de México Centro Universitario UAEM Tenancingo, México. p 11.
- Cárdenas, M. G. (2011). Dinámica de la Absorción Nutrimental y su Relación con la Fertilización Interrumpida en *Lilium sp.* Cultivado en un Sistema Hidropónico de Recirculación. Centro De Investigación En Química Aplicada, Saltillo, Coahuila, México. Tesis para optar el grado de Maestro En Ciencias En Agroplasticultura. p. 50.

- Carpio, V. L. E. (2017). "Efectos de dos programas de fertilización sobre el comportamiento agronómico de híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en la zona de Ricaurte". Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador. Tesis para optar el título de pp. 27, 28.
- Carrillo, L. D. L. (2017). Determinación de la Calidad de Liliium (*Lilium spp.*) de Corte con Fertilización Orgánica en Invernadero. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. pp. 5 – 6.
- Chinestra, C., & Marinangeli, C. (2011). Saneamiento y Detección de Cirus en Liliium. Revista AgroUNS – Vol. 8 – No. 15 – pp. 23 – 24.
- Ciampitti, A. I. (2005). Dinámica del fósforo del suelo en rotaciones agrícolas en ensayos de nutrición a largo plazo. Alberto Soriano, Universidad de Buenos Aires. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias en del Suelo. p. 7
- Colque, H, N. (2016). Efecto de Tres Tipos de Sustratos en dos Variedades de Liliium (*Lilium spp*) en la Estación Experimental de Cota, Cota. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp 5 – 7.
- Cooper, L., & Ghanem, R. A. (2017). Los micronutrientes son la clave para mejorar la producción. Bio Huma Netics Inc–No. HG-170502-03–p. 2.
- Coraspe, L. H. M., Muraoka, T., Franzini, V. I., Contreras, E. F. S., & Ocheuze, T. P. C. (2009). Absorción de formas de nitrógeno amoniacal y nítrica por plantas de papa en la producción de tubérculo-semilla. Revista Agronomía Trop. – Vol. 59 – No. 1.
- Córdova, C. F. (2014). Dinámica del hierro en el sistema suelo-planta. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Proyecto Tesina para optar al título de Especialista en Suelo y Nutrición de Plantas. pp. 25-27.
- Corrales-Maldonado CG, Vargas-Arispuro I, Vallejo-Cohén S y Martínez-Téllez MA. (2013). Deficiencia de azufre en suelos cultivables y su efecto en la productividad. Biotecnia – Vol. 16 – No. 1 – p. 38.
- Cortez, P. (2013). Las flores de Corte: Un Rubro que Florece. Oficina De Estudios Y Políticas Agrarias (ODEPA). Flores-Comercio exterior-Exportación-Importación-Situación nacional. Chile. p. 3.
- Cumes, B. J. L. (2020). Evaluación de Cuatro Variedades de Lirio (*Lilium Sp*), Sololá, Sololá. Trabajo para optar al Título de Ingeniero Agrónomo con énfasis en gerencia agrícola en el grado académico de Licenciado. pp 2 – 3.
- Davila, M, C. (2021). Respuesta del Ajo a Fechas de Siembra, Dosis de Micronutrientes y Humatos en Zacateca. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Irrigación. p 45.

- Del Ángel, S. F. J. (2022). Capacidad de Extracción de Fertilizantes y Uso de Humatos en la Producción de Campanita de Irlanda. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. p. 55
- Díaz, A., Cayón, G., & Jairo, M. J. (2007). Metabolismo del calcio y su relación con la “mancha de madurez” del fruto de banano. Una revisión. *Agronomía Colombiana* – Vol. 25 – No.2 – p. 283.
- Doss, R.P., Chastagner, G.A., & Riley., K.L. (1988). Rayas de hojas de lirio asociadas con infección por *Botrytis elliptica*. *Enfermedad de las Plantas Manual de manejo de enfermedades de las plantas del noroeste del Pacífico*. 72:859-861.
- Espinosa, F. A., Rodríguez, E. M. A., & Mejía, M. J. M. (2011). IV Jornada de transferencia de tecnología de producción de flores de corte. Fundación Produce Sinaloa A. C. Fundación Produce Sinaloa, A.C. Memoria. p 12.
- Fancescangeli, N., & Marinangeli, P. A. (2018). Guía Práctica de la Producción de Flores y Bulbos de *Lilium*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. pp 11 – 12.
- Favela, C. E., Preciado., R. P., & Benavides, M. A. (2006). Manual para la Preparación de Soluciones Nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. p 16.
- Fernández, M. T. (2007). Fósforo: amigo o enemigo. *ICIDCA* – Vol. 41 – No. 2 – pp. 54-55.
- Fernández, P. M., Nuria. M., & Rosario. F. M. (2002). Fijación biológica de nitrógeno: factores limitantes. *Ciencia y Medio Ambiente – CCMA – CSIC*. p. 197.
- Flores, G. E. J. (2019). Evaluación del Comportamiento Agronómico de *Lilium* (*Lilium sp.*) en Tres Tipos de Sustratos, en el Distrito de Independencia, Huaraz, Ancash, 2018. Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo, Perú. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. p 13.
- Flores, R. L. M. (2022). Evaluación de dos Variedades de *Lilium* En Maceta (*Lilium sp.*) Empleando dos Calibres Distintos de Bulbo en el Centro Experimental de Cota Cota. Universidad Mayor de San Andrés, La paz, Bolivia. pp. 43.
- Flórez, R. V. J. (2004). Elementos esenciales y beneficiosos. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. *Nociones Básicas del Ferti-riego*. pp. 31.
- Franco, B. D., Castillo, B. S. E. (2013). Ferredoxinas. *Revista Educ. Quím* – Vol. 24 – No. 4.
- Fuentes, M. J. M. (2014). Evaluación de Cuatro Niveles de Potasio (KCl) Sobre el Rendimiento y Calidad del Plátano (*Musa paradisiaca*, *Musaceae*), en Aldea San Isidro, Malacatán, San Marcos. Universidad Rafael Landívar, Quetzaltenango, Guatemala. Tesis para optar al de Licenciado en Ciencias Ambientales y Agrícolas. p. 7.

- Furcal, B. P. (2017). Extracción de nutrientes por los frutos de cacao en dos localidades en Costa Rica. *Agron. Mesoam* – Vol. 28 – No. 1 – p. 115.
- Gámez, A. M. M. (2005). Efecto de la densidad de siembra y los sustratos de cultivos en dos variedades de *Lilium* (*Lilium sp*) en la Zona de Achocalla. Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. p 22.
- García, A. C. J., Castillo, G.A. M., Avitia. G. E., Colinas, L. M. T., Trejo, T. L. I., & Vargas, M. H. (2015). Magnesio y su Relación con la Calidad de *Lilium* cv. Casablanca*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* – Vol. 6 – No. 2 – pp 266-267.
- García, C. G. E. (2020). Efecto del sustrato y del tamaño de la escama en la inducción de bulbillos de siete cultivares de *Lilium x hybridum* Hort. Tesis para optar al grado de Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. pp 10 – 11.
- García, F. O. (2006). Cloro en trigo: Resultados de las experiencias en la región pampeana argentina Años 2001 a 2006. *Informaciones Agronómicas* – No. 38 – pp. 17.
- Gil, D. P. (2019). Homeostasis y transporte de molibdeno en nódulos de *Medicago truncatula*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. Tesis doctoral. pp. 9, 10.
- Gómez, V. D., & Sotes, V. (2014). El Manganeseo y la Viticultura: una revisión. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, España. p 84.
- González, R. E. H. (2022). Respuesta De Capacidades De Extracción De Fertilizante e Influencia Nutricional Vegetativa Y Reproductiva En Ajo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. pp 34, 35.
- Gross Consultores Asociados VIAGRO Ltda. (2002). Informe Final Análisis del Sector Bulbos para Flores y Estudio de Mercado de las Flores de Corte. Gobierno De Chile. Informe final. pp 12 – 13.
- Guerrero, A. C. (2018). Manejo de Nutrición completa Considerando Capacidad de Extracción y Densidad en la Producción de Calabacita. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. pp. 51.
- Hernández, D. M. I., Chaillous, L. M., Moreno, P. V., Igarza, S. A., & Ojeda, V. A. (2014). Niveles Referenciales de Nutrientes en la Solución del Suelo para el diagnóstico nutricional en el cultivo protegido del tomate. *Revista IDESIA* – Vol. 32 – No. 2.
- Hernández, M. C. (2014). Respuesta de Dos Variedades de Lilies a la Aplicación de Presiembra y Dosis de Fertirriego. Universidad Autónoma Agraria Antonio

- Narro, Saltillo, Coahuila, México. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. p. 57.
- Hernández, P. Y. Y. (2022). Producción de Girasol Ornamental, Considerando Presiembra, Capacidad de Extracción de fertilizantes y Humatos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. pp. 57, 58.
- Herrera, V. T. (2007). Síntomas y causas de la deficiencia de calcio en el cultivo de tomate y su control. Centro de Investigaciones en Química Aplicada. Saltillo, Coahuila, México. Caso de estudio para optar al grado de Especialización en Química Aplicada. pp. 18, 19.
- Ibáñez, B. K. (2016). Evaluación del Comportamiento Agronómico de dos Variedades de Liliium (*Lilium sp.*) en Condiciones Controladas ante Diferentes Sustratos en la Localidad de Achocalla. Tesis de Grado Presentación como Requisito Parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. p 7.
- Ibarra, C. J. C. (2012). Crecimiento, nutrición y postcosecha de Liliium (*Lilium spp.*) Hibrido oriental en respuesta a la relación nitrógeno–calcio de la solución nutritiva. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. p. 20.
- Imbago, I. J. P. (2021). Evaluación de Grados Día Desarrollo en la Fenología de Variedades de *Lilium sp.*, en la Florícola Florisol, San José de Minas” Trabajo para optar al Título de Ingeniería Agropecuaria. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. p 7.
- Jurado, O. E. A., & Zambrano, Z. J. G. (2020). Efecto de aplicaciones foliares de molibdeno sobre el uso eficiente de nitrógeno y rendimiento en maíz amarillo duro. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta. Informe de titulación para optar al título de Ingeniero Agrícola. pp. 9, 10.
- Katherine, J. J. L. (2020). Efecto de la aplicación de tres dosis de citoquinina en la producción de botones florales en el cultivo de liliium (*Lilium sp.*) en el distrito de Independencia – Huaraz - Ancash, 2018. Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”. Huaraz, Perú. p. 8.
- Kirby, E. A. and V. Romheld. (2007). Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. Proceedings 543, The International Fertilizer Society, P. O Box, York, YO32 5YS, United Kingdom. pp. 5, 6.
- Larriva, C. N. (2003). Síntesis de la importancia del Potasio en el suelo y plantas. La granja, Ecuador – No. 21 – p. 53.
- Larrosa, K. E., & Solera, J. M. (2015). Evaluación de la respuesta a la fertilización foliar con Zinc en el cultivo de girasol. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Tesis. p. 7

- Luna, R. G.J. (2017). Dependencia espacial del azufre y nitrógeno mineralizable del suelo como fundamento al manejo de fertilización sitio específico. Universidad de Concepción, Chillan, Chile. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias Agronómicas. pp. 6
- Malavé, A. A. C., & Carrero, M. P. E. (2007). Desempeño funcional del boro en las plantas. Universidad de Oriente, Venezuela. Tesis Doctoral. pp. 4, 5.
- Mamani, C. L. E. (2017). Evaluación de dos Variedades de Liliium (*Lilium sp.*) con Tres Frecuencias de Abono Orgánico en la Comunidad de Pucaya del Municipio de Palca-la Paz. Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. p 26.
- Mamani, Q. L. (2013). Evaluación de Tres Variedades de Liliium (*Lilium sp.*), en Dos Densidades de Plantación, en Carpa Solar en la Ciudad de el Alto. Trabajo para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor De San Andrés. La Paz, Bolivia. p 9.
- Manrique, R. A. R. (2017). Desarrollo de un modelo de estimación de dosis de zinc en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*). Universidad de Chile, Santiago de Chile. Tesis para optar al grado de Magister en Manejo de Suelos y Aguas. p. 3.
- Marengo, A. (2009). Efecto de la fertilización con Zinc sobre el área foliar y el rendimiento del cultivo de maíz. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba. Argentina. Proyecto final para optar al grado de Ingeniero Agrónomo. p. 4.
- Marschner, P. (2012). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3ra edición. San Diego, USA: Elsevier Ltd. 2012. p. 649.
- Martin, C. E. A. (2013). Efecto de la Aplicación de Micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn Y B) Sobre el Rendimiento de la Caña de Azúcar, en Suelos Derivados de Ceniza Volcánica; Masagua, Escuintla. Universidad Rafael Landívar, Escuintla, Guatemala. Tesis de Grado para Optar al Título de Ingeniera Agrónoma con énfasis en Cultivos Tropicales en el Grado Académico de Licenciada. pp. 26, 27.
- Martin, R. E. M. (2014). Efectos del aporte de boro sobre el crecimiento radical en plántulas de *Arabidopsis thaliana*. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España. Memoria para optar al grado de Doctor. p. 21.
- Martínez, E. M. (2019). Cloro...el enemigo olvidado... ¿o no? Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. pp. 240, 241.
- Martínez, H. P. (2018). Proyecto de Inversión para la Producción de Lilis (*Lilium sp.*) Bajo Ambientes Controlados en San Pedro Cholula Municipio de Ocoyoacac, México. Requisito parcial para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo en Floricultura. Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas Municipio de Toluca, México. pp. 30 – 31.

- Maturana, E. A. P. (2012). Efecto de la Aplicación Foliar de Cloruro de Cloromequat en Algunos Parámetros de Calidad de Varas de Liliium Híbrido L/A var. Litouwen. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de la Frontera. Temuco, Chile. pp 11.
- Mengel, K., & Kirkby E. A. (2000). Principios de Nutrición Vegetal. 4ta edición. Francia: International Potash Institute Schneidergasse 27, P.O. Box 1609 CH-4001 Basel, Switzerland. p. 607.
- Mikkelsen, R. (2008). Managing Potassium for Organic Crop Production. Better Crops With Plant Food – Vol. 92 – No. 2 – p. 11.
- Mixquititla, C. G., & Villegas, T. O. G. (2016). Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. Revista Acta Agrícola y Pecuaria. – Vol. 2 – No. 3 – pp. 56 – 58.
- Monge, E., Val, J., Sanz, M., Blanco, A., & Montañes, L. (1994). El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. An. Estac. Exp. Aula Dei, Zaragoza, España. – Vol. 21 – No.3 – pp. 193, 194.
- Montoya, C. J., Bono, A., Barraco, M., Díaz, Z. A. (2003). Boro un nutriente que crea incertidumbre: experiencias de fertilización en la región Pampeana. EEA Anguil Ing. Agr. Guillermo Covas – INTA, Argentina. pp. 10 –11.
- Mora, C. B. J. (2019). El boro como elemento multifuncional en cultivos de ciclo corto. Universidad Técnica De Babahoyo, Ecuador. Trabajo de titulación para optar al título de Ingeniero Agrónomo. pp. 13, 14.
- Morales, C., & Arbeláez, D. J. (2014). La Producción de Lirios (*Lilium spp.*) Como Flor de Corte para Exportación. Una Revisión. Revista Universidad Católica de Oriente – Vol.28 – No.39 – pp 52 – 53.
- Múnera, V. G. A., & Meza, S., D. C. (2012). El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal. 1ra edición. Universidad Tecnológica de Pereira. p. 51
- Muñoz, A. O. (2014). Metabolismo del azufre en la simbiosis guisante – Rhizobium. Universidad Pública de Navarra. Tesis Doctoral. Pamplona. p. 76.
- Peceros, P. P. (2020). Efecto de Cuatro Dosis de Soluciones Nutritivas en Producción de Tres Variedades de Liliium (*Lilium sp.*) en Condiciones de Fitotoldo, K'ayra – Cusco. Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. K'ayra, Cusco, Perú. pp. 9, 13, 21.
- Perea, P. E., Ojeda, B. D. L., Hernández, R. O. A., Escudero, A. D. J., Martínez, T. J. J., & López, O. G. R. (2010). El zinc como promotor de crecimiento y fructificación en el nogal pacanero, Chihuahua, México. Tecnociencia – Vol. 4 – No. 2 – p. 65
- Pereyra, C. M. (2001). Asimilación del nitrógeno en las plantas. Universidad de la Pampa, Argentina. p. 1

- Pérez, G. A., Gómez, P. J. I., Garza, O. A., & Bárbara, B. N. (2011). Importancia del molibdeno en los sistemas biológicos y su papel en enzimas mononucleares como parte del cofactor Moco. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 1.
- Pérez, J. S. (2015). Capacidad de Extracción de Fertilizante de Chile Habanero (*Capsicum chinense* L.) var Jaguar. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Tesis de Licenciatura. p. 57.
- R. Cárdenas-Navarro., J. M. Sánchez-Yáñez., R. Farías-Rodríguez & J. J. Peña-Cabriales. (2004). Los Aportes de Nitrógeno en la Agricultura. Revista Chapingo Serie Horticultura– Vol. 10 – No. 2 – pp. 174-175.
- Raigón, M. D., García, M. M. D., Guerrero, C., & Esteve, P. (2006). Actividad de la Nitrato Reductasa y su Relación con los Factores Productivos en Lechuga. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. VII Congreso SEAE Zaragoza – No. 157.
- Ramírez S. C., Clavijo P. J., & Guerrero R. R. (2004). Análisis de la fisiología de la nutrición mineral en plantas de clavel miniatura (*Dianthus caryophyllus* cv. Rony) en condiciones de producción a nivel comercial. Catálogo Biblioteca CIREN. pp. 4, 5.
- Ramírez, H. J. J., & Avitia, R. J. A. (2017). Floricultura mexicana en el siglo XXI: su desempeño en los mercados internacionales. Rev. Econ. – Vol. 34 – No. 88.
- Ramírez, H. J. J., & Avitia, R. J. A. (2018). Corredor Florícola del Estado De México: La Percepción de la Población del Cambio Climático. Universidad Nacional de Mexico y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C. Coeditores, México. ISBN UNAM: 978-607-02-9999-5, AMECIDER: 978-607-96649-6-1. pp. 278, 279, 382.
- Raya, S., Juan, A., & López, L. (1971). Función Del Hierro En Las Plantas Superiores. Universidad de Granada. Sección De Fisiología Vegetal. Ars Pharm, 12(7-10): 345-371. pp. 358–361.
- Reyes, A. M. R. (2016). Fertilización Foliar en Base a Magnesio Y Zinc para mejorar la calidad de Lilies (*Lilium spp.*). Tesis para optar al grado de Maestra en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. pp 5, 33.
- Rincón, P. A., & Martín, Q. E. (2015). Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas. Revista Alimentos Hoy – Vol. 24 – No.34 – p. 16.
- Rodríguez, C. D. A., & Buitrago, G. D, M. (2019). Evaluación de los microelementos Zinc, Cobre, Magnesio y Manganeso, como enraizante en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L). Variedades Fedearroz 67, Fedearroz 68 y Oryzica 1 en el municipio de Piedras – Tolima. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Bogotá. Proyecto para optar al título de Agrónomo. p. 41.

- Rodríguez, Y. G. A., Praderas. A. H., Basso, de F. C. A., Barrios, G. M., León, P. R. I., & Pérez, M. M. (2020). Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de maracuyá. *Agronomía Mesoamericana* – Vol. 31 – No. 1 – p. 118.
- Rojas, W. C. (2004). Nutrición boratada de los cultivos. *Rev. Tierra Adentro*. pp. 40, 50.
- Roldan, L. D. (2020). Tolerancia y sensibilidad a molibdeno en el microalga *Chlamydomonas reinhardtii*. Universidad de Córdoba, Cordoba, España. Trabajo fin de master. p. 6.
- Romero, V. G. I. (2012). Evaluación de la aplicación de compuestos azufrados en la síntesis de aminoácidos de reserva en vid (*Vitis vinífera* L.) cv. “Superior”. Centro de Investigaciones en alimentación y Desarrollo, A.C, Hermosillo, Sonora, México. Tesis para obtener el grado de Maestro en ciencias. pp. 8, 9.
- Rómulo, G. V., & Barbarita C. G., (2018): Liliium: situación actual en México”, *Revista TECSISTECATL* – N. 23.
- Ross, M. (2004). Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite. *Palmas* – Vol. 25 – No. Especial – pp. 100, 101.
- Rubio, G. (2002). Conectando el fósforo del suelo con la planta*. *Agronómicas del Cono Sur* – No. 16 – p. 20.
- Sadeghian, K. S. (2012). Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Trabajo de investigación para optar al título de Doctor en Ciencias Agrarias. p. 4
- Sancho, L. D. (2016). El tráfico de cobre en el cloroplasto de plantas superiores. Los transportadores de membrana. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Zaragoza, España. Tesis Doctoral. pp. 4 – 7.
- Santos, C., & Ríos, M. D. (2016). Cálculo de Soluciones Nutritivas En suelo y sin suelo. Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife. pp. 16–18.
- Tamara, P. L. A. (2016). Macronutrientes y micronutrientes. Universidad de Sucre, Colombia. Programa de Biología Fisiología Vegetal. pp. 5, 6.
- Tomas, G. C. (2015). Respuesta de *Lilium* “longiflorum” x Asiático “Litouwen” Y *Lilium* Oriental x Trompeta “Donato” A la fertilización foliar complementaria a fertirrigación. Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Zamora, Argentina Tesis para optar al título de Magister en Floricultura. p. 33.
- Tresierra, A. A. (2003). Identificación y caracterización de los genes modABC de *Bradyrhizobium japonicum* implicados en el transporte de molibdeno. Universidad de Granada, España. Tesis doctoral. pp. 9, 10

- Ube, T. S. E. (2019). Importancia del Magnesio como macroelemento para el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Universidad Técnica De Babahoyo. Los Ríos, Ecuador. Componente práctico de carácter Complexivo como requisito para optar al título de Ingeniera Agrónoma. p 6.
- Vaca, T. J. M. (2019). Aplicación Foliar de Calcio en el Cultivo de Fresa (*Fragaria sp.*) Obtenido a Partir de Cáscara de Huevo de Gallina (*Gallus gallus*). Universidad Técnica se Ambato, Ambato, Ecuador. Proyecto de Investigación para optar al grado de Ingeniera Agrónoma. pp. 6-8.
- Vázquez, I. Y. (2014). Producción y Productividad en el Cultivo de Lilis (*Lilium asiática*) Var. Navona Mediante Solución Nutritiva Adicionada con Sulfato de Cobre. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. pp 6 – 7.
- Verdugo, R. G., Montesinos, V A., Zarate, F., Erice, Y., Gonzales, C. A., Barbosa, E. P., & Biggi, T. M. A. (2007). Producción de Flores Cortadas – V Región Dirigido a Pequeños(as) Productores(as) Pertenecientes a la Agricultura Familiar Campesina. Salviat Impresores. p 28.
- Villalobos, T. R. M. (2013). Efecto del Biol en el Cultivo de *Lilium* (*Lilium sp.*) Bajo Carpa Solar. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp 4, 11.
- Vistoso, G. E., & Martínez. L, J. (2020). Magnesio disponible y fertilización en suelos de la Región de Los Ríos. INIA Informativo – No. 261 – p. 2
- Yamada, T. (2000). Boro: ¿será que estamos aplicando a dose suficiente para o adecuado desenvolvimento das plantas? POTAFOS: Informacoes Agronómicas – Vol.90 – No.1-5. p. 9.
- Zevada, S. K. J. (2005). Aplicación de nitrógeno y magnesio para estimular el contenido de clorofila y los parámetros de crecimiento en chile jalapeño (*Capsicum annum*), bajo condiciones de invernadero. Instituto Tecnológico, Cd. Obregón, Sonora, México. Tesis para optar al título de Ingeniero Biotecnologico. p. 27.

VIII. CITAS WEB

- Chavarro, J. (2022). Evolución del Mercado Global de Flores, su Desarrollo por Región y las Oportunidades de Colombia en los Principales Países y Regiones Importadoras. Metroflor – agro. 02: 24. Sitio web: <https://www.metroflorcolombia.com/evolucion-del-mercado-global-de-flores-su-desarrollo-por-region-y-las-oportunidades-de-colombia-en-los-principales-paises-y-regiones-importadoras/#:~:text=El%20mercado%20global%20de%20flores,un%20crecimiento%20global%20del%20114%25>. Recuperado: enero 30, 2023 a las 14: 45 pm.
- Núcleo Ambiental S.A.S. (2015). Manual Flores & Follajes. Cámara de Comercio de Bogotá. pp 29 – 30. Sitio web: <https://www.studocu.com/co/document/servicio-nacional-de-aprendizaje/negocios-internacionales/flore-follajes-actividad/17488272>. Recuperado: febrero 01, 2023 a las 04: 30 pm.
- SADER. (2020). Se alistan productores nacionales para atender demanda de flores por 14 de febrero. Sitio web: [https://www.gob.mx/agricultura/prensa/se-alistan-productores-nacionales-para-atender-demanda-de-flores-por-14-de-febrero#:~:text=Respecto%20al%20lilium%20\(azucena\)%20se,superficie%20de%20siete%20hect%C3%A1reas%20cosechadas](https://www.gob.mx/agricultura/prensa/se-alistan-productores-nacionales-para-atender-demanda-de-flores-por-14-de-febrero#:~:text=Respecto%20al%20lilium%20(azucena)%20se,superficie%20de%20siete%20hect%C3%A1reas%20cosechadas). Recuperado febrero 02: 2023 a las 10: 10 pm.
- SADER. (2022). Lista la producción de flores ornamentales para atender demanda por el 14 de febrero. Sitio web: [https://www.gob.mx/agricultura/prensa/lista-la-produccion-de-flores-ornamentales-para-atender-demanda-por-el-14-de-febrero#:~:text=El%20Estado%20de%20M%C3%A9xico%20Baja,gruesas\)%20en%20ese%20orden](https://www.gob.mx/agricultura/prensa/lista-la-produccion-de-flores-ornamentales-para-atender-demanda-por-el-14-de-febrero#:~:text=El%20Estado%20de%20M%C3%A9xico%20Baja,gruesas)%20en%20ese%20orden). Recuperado: enero 15, 2023 a las 08:30 pm
- Unidad de Información, Planeación, Programación y Evaluación Subdirección de Información y Estadística. (2020). Producción Florícola del Estado de México 2011-2020. Sitio web: <https://secampo.edomex.gob.mx/sites/secampo.edomex.gob.mx/files/files/Produccion/Floricultura.pdf>. Recuperado: febrero 03, 2023 a las 06: 50 pm