

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Capacidad de Extracción de Fertilizantes y Uso de Humatos en la Producción de
Campanita de Irlanda

Por:

FRANCISCO JAVIER DEL ÁNGEL SANTIAGO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Enero, 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Capacidad de Extracción de Fertilizantes y Uso de Humatos en la Producción de
Campanita de Irlanda

Por:

FRANCISCO JAVIER DEL ÁNGEL SANTIAGO

TESIS

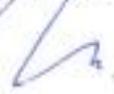
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


MC. Blanca Elizabeth Zamora-Martinez
Asesor Principal Interno


MC. Eulalia Edith Viljavencio Gutiérrez
Asesor Principal Externo


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coasesor


MC. Gabriela González Moreno
Coasesor


Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Enero, 2022.

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.

Firma



Francisco Javier del Ángel Santiago

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Doy gracias a dios por perimirme llegar hasta este punto, logrando culminar una etapa más de mi vida y que a pesar de haber pasado por todo en este camino, nunca me abandonó, y por haberme cuidado siempre.

A mi “Alma Mater” por acobijarme en este trayecto, por darme las bases y el sustento para poder desenvolverme en el campo, por darme las mejores experiencias de mi vida, por darme la oportunidad de explotar los conocimientos habidos y por haber y sobre todo por proporcionarme todas las herramientas para forjarme como profesionista, siempre estaré orgulloso de haber formado parte de tan noble y distinguida institución.

Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Gracias por haberme apoyado en todo momento y brindarme de su tiempo para llevar a cabo este trabajo. Por las clases y los conocimientos transmitidos, por las enseñanzas dentro y fuera del salón, y sobre todo enseñarme el valor del trabajo, profesionalismo y la humildad en la agronomía.

A la M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez

Gracias por la dedicación y prestación de su apoyo para poder llevar a cabo la revisión y desarrollo de esta investigación, por todos los consejos que me brindó y darme la oportunidad de trabajar con usted.

A la M.C. Gabriela González Moreno

Por brindarme su apoyo para la revisión de este proyecto, muchas gracias.

A la MC. Eulalia Edith Villavicencio Gutiérrez

Por ser parte del comité de sinodales.

A mis amigos

Yoav Hernández quien siempre apoyó la causa de este proyecto, a Javier Monroy, a los amigos del rancho Ing. José Hernández Vicencio, Ing. Martín Hernández Vicencio por los consejos, quienes fueron los que me instruyeron a inscribirme en esta gran institución, al Ing. Enrique Hernández Vicencio por ser un buen amigo incondicional, quien me vio también desde un inicio en este proyecto. A los camaradas que hice en el paraíso #4 y también a los compas del estado de Hidalgo.

DEDICATORIAS

A Mi Madre: Avelina del Ángel Santiago

Por darme la oportunidad de existir, por tu amor y apoyo incondicional, por darme la fuerza día a día para continuar con este, nuestro logro, por enseñarme que en esta vida no hay imposibles y que se debe luchar con constancia para lograrlo todo, por ser mi gran ejemplo, que me ha enseñado todos los valores y ser forjado de esta manera, para ser la persona que soy hoy en día, quien me alentó a emprender este gran proyecto en conjunto y por sobre todo ser padre y madre a la vez, siendo siempre mi mayor ejemplo.

Gracias por haberme dado todo, apoyarme cuando más lo necesite y sobre todo ser mi inspiración en la vida. TE AMO.

A Mi Hermano: Jaime del Ángel Santiago

Nada se compara con el cariño y amor que te tengo, por siempre creer en mí, motivarme y ser la persona que me anima a seguir adelante, por brindarme tu apoyo incondicional para todo en la vida, por ser un gran ejemplo para mí y para toda la familia, por estar en las buenas y malas desde que somos niños, por ser amigo, hermano, compañero, y que en ti siempre encuentro enseñanza. Siempre fuimos los dos contra el mundo, este logro es de los dos HERMANO, TE QUIERO.

A Mis Abuelos: Antonio del Ángel y María Petronila Santiago

Por ser también mis padres, que me han dado su apoyo y amor desde que llegué a este mundo, por ser quienes me enseñaron el valor del trabajo y el esfuerzo para salir adelante, gracias por enseñarme el valor del trabajo en la milpa y en las naranjas, a mi abuelito que siempre me enseñó todo lo que sabía para poder trabajar, a mi abuelita que fue quien me instruyó en el trabajo arduo y constante, gracias por confiar en mí.

A Toda mi familia

A todos los integrantes de mi familia por ser parte del trayecto de mi vida, por haber estado siempre cuando más lo necesite, por mostrar siempre apoyo, de los cuales siempre he aprendido a valorar lo que tengo.

Mi Novia: Johana Guadalupe Díaz Castañeda

Quien siempre estuvo presente de principio a fin en este proyecto de mi vida, así fueron días arduos y pesados, siempre estuviste conmigo, por ayudarme cuando más lo necesité, por enseñarme lo que aún desconocía acerca del emprendimiento de este nuestro logro, un logro más entre tú y yo, el cual es el inicio de un mejor futuro para ambos, agradezco todo lo que me has brindado. TE AMO.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivo general.....	5
1.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 Hipótesis.....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. Origen.....	6
2.2. Taxonomía.....	6
2.3. Características Botánicas	7
2.3.1. Tallo.....	7
2.3.2. Hojas	7
2.3.3. Flor	7
2.3.4. Semilla.....	8
2.4. Requerimientos edáficos y climáticos	8
2.4.1. Suelo	8
2.4.2. Temperatura	8
2.4.3. Radiación.....	8
2.4.4. pH.....	9
2.5. Manejo del cultivo	9
2.5.1. Siembra	9
2.5.2. Riegos	10
2.5.3. Desbrote y deshoje.....	10
2.6. Cosecha.....	11
2.7. Las Lamiaceae en México.	11

2.8. Nutrición.....	11
2.8.1. La nutrición mineral	12
2.8.2. Función de la nutrición mineral	13
2.8.3. Qué es un nutriente mineral.....	14
2.8.4. Importancia del análisis de suelo.....	14
2.8.5. Fertilización de la Campanita de Irlanda.....	14
2.8.6. Macronutrientes y micronutrientes	14
2.8.7. Nutrientes esenciales	15
2.8.8. Determinación de la disponibilidad de nutrientes.....	16
2.8.9. Macronutrientes primarios	17
2.8.10. ¿Qué es la presiembra?	29
2.8.11. Orígenes de los elementos minerales.	30
2.8.12. Sinergismos y antagonismos de los minerales	30
2.8.13. Movilidad de los nutrientes minerales.....	31
2.8.14. Influencia de la capacidad de intercambio catiónico (CIC)	31
2.8.15. Disponibilidad de nutrientes de acuerdo al pH.....	32
2.8.16. Alcalinización	33
2.8.17. Transporte de los minerales en la planta.....	33
2.9. Humatos	34
2.10. Trabajos relacionados con la nutrición completa	36
III. Materiales y métodos	38
3.1 Ubicación del sitio experimental	38
3.2 Características del sitio experimental	38
3.3. Semillas	38
3.4. Establecimiento del cultivo.....	38
3.5. Siembra	40
3.6. Riego	40
3.7. Fertilización de presiembra.....	40
3.8. Fertilización.....	41
3.9. Control de plagas y enfermedades	42

3.10. Descripción de tratamientos	43
3.11. Diseño del experimento	44
3.12. Modelo estadístico	45
3.13. Descripción de factores	46
3.14. Variables evaluadas y su medición.....	46
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1. Diámetro de tallo (DT).....	48
4.2. Longitud de tallo (LT).....	53
4.3. Nudos con flor (NcF).....	61
4.4. Flores por nudo (FN).....	69
4.5. Diámetro de cáliz (DC).....	75
V. CONCLUSIONES.....	80
VI. RECOMENDACIONES	81
VII. LITERATURA CITADA	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Páginas
2.1.	Sinergismo y Antagonismo de elementos minerales.....	31
2.2.	Movilidad de elementos minerales en tejido.....	31
2.3.	Capacidad de intercambio catiónico en los diferentes tipos de suelo.....	32
2.4.	Principales cationes presentes en el suelo.....	32
3.1.	Análisis de fertilidad del área del experimento.....	39
3.2.	Fertilizantes aplicados en fertilización de presiembra.....	41
3.3.	Cantidad de fertilizantes utilizados por cada litro de agua.....	42
3.4.	Descripción de tratamientos.....	43
4.1.	Cuadros medios del análisis de varianza para las variables diámetro de tallo, longitud del tallo, número de cáliz por flor, flores por nudo, diámetro de cáliz.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
2.1.	Disponibilidad de los minerales en el suelo de acuerdo al pH...	33
4.1.	Influencia de la fertilización de presembrado en la variable diámetro de tallo (DT) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	49
4.2.	Influencia de las capacidades de extracción para la variable diámetro de tallo (DT) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	50
4.3.	Influencia de los Humatos para la variable diámetro de tallo (DT) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	51
4.4.	Influencia de la triple interacción de factores A x B x C (presembrado x capacidad de extracción de fertilizantes X humatos) en la variable diámetro de tallo (DT).....	53
4.5.	Influencia de fertilización de presembrado en la variable longitud de tallo (LT) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	54
4.6.	Influencia de las capacidades de extracción en la variable longitud de tallo (LT) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	56
4.7.	Influencia de los Humatos en la variable longitud de tallo (LT) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	57
4.8.	Concentración de sales por cada capacidad de extracción de fertilizantes.....	58
4.9.	Interacción de los factores presembrado X capacidad de extracción de fertilizantes (A X B).....	59
4.10.	Interacción de los factores Capacidad de extracción de fertilizantes X dosis de humatos (B X C).....	60
4.11.	Influencia de la fertilización de presembrado en la variable nudos con flor (NcF) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	62
4.12.	Influencia de las capacidades de extracción en la variable nudos con flor (NcF) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	63
4.13.	Influencia de los humatos en el desarrollo de la variable nudos con flor (NcF) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	64
4.14.	Influencia de la interacción de los factores presembrado x capacidad de extracción de fertilizantes (A x B) en la variable nudos con flor (NcF).....	65
4.15.	Influencia de la interacción de los factores capacidad de extracción de fertilizantes x humatos (B x C) en la variable nudos con flor (NcF).....	67
4.16.	Influencia de la triple interacción de factores A x B x C (presembrado x capacidad de extracción de fertilizantes X humatos) en la variable nudos con flor (NcF).....	69

4.17.	Influencia de la fertilización de presembrado en la variable flores por nudo (FN) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	70
4.18.	Influencia de las capacidades de extracción de fertilizantes para la variable flores por nudo (FN) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	71
4.19.	Influencia de los humatos en la variable flores por nudo (FN) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	71
4.20.	Influencia de la interacción de los factores presembrado x capacidad de extracción de fertilizantes (A x B) en la variable flores por nudo (FN).....	73
4.21.	Influencia de la fertilización de presembrado en la variable diámetro de cáliz (DC) en el cultivo de Campanita de Irlanda....	75
4.22.	Influencia de las capacidades de extracción de fertilizantes en la variable diámetro de cáliz (DC) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	76
4.23.	Influencia de los humatos en la variable diámetro de cáliz(DC) en el cultivo de Campanita de Irlanda.....	77

RESUMEN

La producción de la Campanita de Irlanda ha tenido gran relevancia en los últimos años, esto a causa de la alta demanda de ornamentales y follajes tanto nacional como internacional, es una especie introducida recientemente como follaje, la que tiene como objetivo, mejorar la apariencia de los arreglos florales y también en floreros. El objetivo de esta investigación fue conocer el efecto de la fertilización de presiembra, las capacidades de extracción de fertilizantes y dosis de humatos además de la interacción de estos en la producción de la Campanita de Irlanda. El experimento fue realizado en periodo que corresponde a los meses de junio a noviembre de, 2020, en el campo “La Gloria” que se ubica dentro de la UAAAN, municipio de Saltillo, Coahuila, México. La siembra se llevó a cabo en un solo surco de 0.60 m de ancho por 40 m de largo a una sola hilera, en donde se establecieron las semillas a una distancia de 25 cm de separación entre cada una. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial AXBXC (2x5x3), con un total de 30 tratamientos con tres repeticiones cada uno, dando un total de 90 unidades experimentales, se evaluaron 3 factores con sus correspondientes interacciones, como lo fue: factor A (presiembra), factor B (capacidad de extracción de fertilizante) y factor C (dosis de humatos). Las variables evaluadas fueron: diámetro del tallo (DT), longitud del tallo (LT), nudos con flor (NcF), flores por nudo (FN) y diámetro de cáliz (DC). Los resultados obtenidos indican que el diámetro de tallo tiene resultados favorables cuando se maneja una fertilización de presiembra, sin el uso de aplicaciones suplementarias de fertilizantes y una dosis de humatos de alta, por otra parte, a medida que se incrementan las capacidades de extracción de fertilizantes afectan de manera negativa el diámetro del tallo. La variable longitud del tallo registró un aumento positivo, cuando se aplicó una dosis de humatos altas y el manejo de la capacidad de extracción de fertilizantes baja, en función del aumento de las capacidades de extracción se desfavorece la longitud del tallo de hasta 2.1% para dosis altas. Los nudos con flor presentaron un aumento positivo cuando se aplica una fertilización de presiembra, una capacidad de extracción de fertilizantes baja y un uso de dosis altas de humatos y se reduce de manera negativa hasta en un 46.73% respecto al tratamiento testigo donde no se aplicó nada. La flor por nudo presentó diferencia estadística altamente significativa en la interacción de fertilización de presiembra y capacidad de extracción de fertilizantes, cuando se manejó una fertilización de presiembra y una capacidad de extracción de fertilizante baja se obtuvieron resultados favorables, sin embargo el aumento de las capacidades de extracción de fertilizantes tienden a registrar resultados negativos en esta variable, en el manejo de fertilización de presiembra existe un aumento de 3.25% en las flores por nudo que cuando no se manejó esta técnica. El diámetro de cáliz, registró una diferencia estadística altamente significativa, reportando una respuesta favorable cuando se manejó una fertilización de presiembra, mejorando hasta en un 4.35% cuando no se manejó esta técnica de fertilización.

Palabras clave: Campanita de Irlanda, fertilización de presiembra, capacidad de extracción de fertilizantes, humatos.

I. INTRODUCCIÓN

La Campanita de Irlanda *Moluccella laevis* L. es una especie ornamental que se ha caracterizado en los últimos años como una especie de gran valor comercial, tanto a nivel nacional como internacional, tiene longitud de tallos muy variados que pueden llegar hasta las 36 pulgadas, con flores de color blanco que se encuentran en cada nudo, son diminutas y fragantes, dentro de una estructura en forma de campana, que no es más que el cáliz de la flor agrandado.

El nombre característico que se le ha puesto a esta especie ornamental es por el color verde de las campanas que se forman por cada flor.

A nivel mundial esta especie adquiere un gran interés comercial en fechas especiales, como los es el día de San Patricio en Irlanda, esto debido a su característico color verde por toda la planta, se puede usar en forma deshidratada, así como en la condición de vara fresca.

La estadística registra al centro del país es el principal punto de producción y venta de follajes en México de acuerdo a información proporcionada por la UAEM (Universidad Autónoma del Estado de México) (2014), los principales puntos de venta se ubican en los mercados de Xochiquetzal del municipio de Tenancingo en el Estado de México y Jamaica en la Ciudad de México (CDMX) en estos mercados de distribución de diferentes especies de follajes y flores, en donde la Campanita de Irlanda representa el 1.1% de la venta en esos dos mercados y la forma en la que se comercializan las diferentes especies de follajes entre los que se encuentran la Campanita de Irlanda son en manojo (42.5%), paquete (39.1%), rama (9.2%), unidad (5.7%), racimo (3.4%). Las campanitas de Irlanda en conjunto con las demás especies representan el 40.2% de los follajes que se comercializan en estos dos mercados. Hasta ahora se maneja en el

mercado de ornamentales de hoja un número aproximado de 87 diferentes especies, pertenecientes a 57 géneros y 38 familias, en estos dos mercados es en donde la mayor parte de los floristas surten producto para venta, (Grenón, *et al.*, 2014).

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) (2021) indica que la floricultura mexicana es una actividad que genera más de 250 mil empleos directos y casi un millón de indirectos, además el 60 por ciento de su producción la realizan manos femeninas, lo cual hace que sea un sector agrícola de gran importancia económica. En México 26 entidades federativas participan en la producción ornamental. Los estados principales de acuerdo a la página el vértigo político en 2017, son el Estado de México, con 53% del total nacional; la CDMX (Ciudad de México), con 17%, Jalisco y Morelos, con 8% cada una, y Puebla, con 6%. Del total de la producción nacional 12% se exporta a diferentes destinos, siendo los principales mercados de venta son EUA (Estados Unidos de América) y Canadá, y las especies que más se comercializan son la gladiola, rosa, liliun, alstromeria, clavel, esquejes sin raíz, plantas en maceta y follaje leather (hecho cuero).

En la actualidad la producción de ornamentales ha adquirido una gran importancia, debido a la alta demanda que se ha generado a nivel internacional como lo es en el continente europeo, Canadá y EUA (Estados Unidos de América), las tendencias apuntan a que la oferta debe ser constante y la producción de buena calidad para concretar una venta exitosa de diferentes especies ornamentales.

En los últimos años, se han venido incrementando los precios de las diferentes fuentes de fertilizantes, dados los altos costos de estos, es necesario un buen uso de estos, además de que, si se abusa en la aplicación de los fertilizantes, se afectan las características físico-químicas del suelo, entre las que se puede mencionar a la salinidad, lo que obliga a un uso responsable de los fertilizantes, para no afectar al suelo y al ambiente. Para lograr este uso responsable, es necesario iniciar el programa de fertilización, la realización de un análisis de suelo

que sirva como base, para conocer la condición de este y solo aplicar los fertilizantes necesarios en la cantidad correcta, por lo que ha sido necesario la optimización de los recursos e insumos que se necesitan para la cadena de producción de las diferentes especies de ornamentales y follajes,

Lamentablemente los productores hacen un uso irracional en la aplicación de fertilizantes, por lo que es necesario estudiar la cantidad a aplicar y que permita la producción de flores y follaje, con calidad.

Para este trabajo experimental ha sido necesario el uso de la información que proporciona un análisis de suelo, al tener este como base es posible entender las condiciones en que se encuentra el suelo donde se va a trabajar, una de las ventajas de este sistema es la reducción de la aplicación de fertilizantes. La máxima capacidad y crecimiento del cultivo son en función de los nutrientes minerales aportados de forma necesaria para la planta, los niveles de extracción que se han elaborado para este trabajo son los elementos importantes y vitales para su crecimiento, la fertilización adecuada da como resultado una planta bien desarrollada, de buena calidad y que obtiene un valor mayor en el mercado, esto contribuye directamente en las utilidades de los productores al aplicar menor cantidad de fertilizantes y por otra parte la mejora de calidad de los cultivos producidos.

Por otra parte, se sabe que el uso de humatos (ácidos húmicos) actúa como acondicionador de suelo, mejorando las características del suelo y también como bioestimulante para la planta, en diferentes concentraciones, al tener sinergia con los fertilizantes utilizados es posible que se obtengan buenos resultados. El experimento como tal, tiene en cuenta las diferentes capacidades de extracción de fertilizantes en conjunto con distintas concentraciones de humatos, se evaluarán todos los resultados que se obtengan de las diferentes unidades experimentales, con el fin de encontrar la influencia de estos.

1.1 Objetivo general

Evaluar diferentes capacidades de extracción de fertilizantes por la planta junto con el manejo de ácidos húmicos en la producción de Campanita de Irlanda *Mollucella leavis* L.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar la mejor respuesta por parte de los tratamientos en las características de producción de esta especie.
- Determinar la influencia de las capacidades de extracción de fertilizantes por las plantas en conjunto con los ácidos húmicos.

1.3 Hipótesis

Por lo menos alguno de los tratamientos tendrá una respuesta favorable con el uso de las diferentes capacidades de extracción de fertilizantes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen

Es una especie nativa de Asia templada y Europa; oeste de Asia, Cáucaso, Asia central y este de Europa. Nombres comunes: Campanita de Irlanda, molucela y moluca (en español) mientras que en forma global es conocida como Bells of Ireland, molucca balm o shellflower. Se cultiva desde antiguo en Centroeuropa, en España actualmente en la provincia de Cádiz en una pequeña superficie y se ha ensayado en el país Vasco. Se emplea como ornamental para flor cortada seca o fresca, (Savedra, *et al.*, 2011).

2.2. Taxonomía

Reino: Plantae.

Subreino: Tracheobionta.

División: Magnoliophyta.

Clase: Magnoliopsida.

Subclase: Asteridae.

Orden: Lamiales.

Familia: Lamiaceae.

Subfamilia: Lamioideae.

Género: *Moluccella*.

Nombre científico: *Moluccella laevis*.

(Remache, 2013)

2.3. Características Botánicas

Moluccella es una especie del género de las Labiadas publicado por Lineo en el año de 1700. *Molucca* es vocablo que aparece por primera vez en Dodonaeus (1583), quien habla de una especie no espinosa y otra que, si lo es, ambas originarias presuntamente de las Molucas – neolat. *Moluccae insulae* = Islas Molucas, archipiélago de Indonesia, (Morales, *et al.*, 2010).

2.3.1. Tallo

Tallo acanalado en las caras y en los cantos engrosados, ± pelosos, frecuentemente más pelosos que los cantos, con pelos simples y retróscos, a veces con abundantes glándulas esferoidales de c. 0.1 mm de diámetro, amarillas, (Morales, *et al.*, 2010).

2.3.2. Hojas

Hoja 1,5-11,5 x 1,1-6,4 cm, de ovadas a orbitales, cordadas a suavemente atenuadas, dentadas, con dientes anchos, ± redondeados, frecuentemente mucronados, ± agudas, con indumento de pelos cortos, con mayor frecuencia en los nervios por el envés y en el margen; peciolo 0,3-5 cm, (Morales, *et al.*, 2010).

2.3.3. Flor

Moluccella laevis L. (Labiatae) es un terófito o hierba anual, de unos 50-80 cm de altura, con flores de corola blanca a rosa pálido con el interior de labio púrpura y un vistoso cáliz campanulado de sépalos soldados, verde y mayor que la corola, La forma y tamaño del cáliz explican su nombre común de “campanas de Irlanda”, (Dana, *et al.*, 2015).

Inflorescencia en verticilastros, por lo general de 6 flores cada uno. Brácteas como las hojas, sobresaliendo de la inflorescencia; bracteólas 7-10 mm, lineares, espinosas, 3 por flor. Cáliz con nervadura reticulada bien marcada, crateriforme; tubo 20-25 mm de diámetro, con 5 mucrones c. 1 mm. Corola incluida en el cáliz, de color crema; labio superior de c. 6 mm, cóncavo; labio inferior más largo, trifido, con el lóbulo central dividido, (Morales, *et al.*, 2010).

2.3.4. Semilla

Núculas 2-2,5 x 1-1,4 mm, ovoides, de aplanadas a trígonoas ± lisas, brillantes, color castaño oscuro $2n = 22$, (Morales, *et al.*, 2010).

2.4. Requerimientos edáficos y climáticos

2.4.1. Suelo

Es una especie que debido al tipo de raíz necesita de buena capacidad de oxigenación en el suelo, lo que quiere decir que necesita suelos sueltos, esta planta tiende a tener buenos resultados en suelos bien drenados, (Observación personal).

2.4.2. Temperatura

Al ser una especie de origen mediterráneo, tiene cierta resistencia a los veranos calientes y secos llegando a tolerar temperaturas de 33.8 °C, en contraparte los meses fríos como lo es enero con una temperatura media de 4.7 °C, necesita de temperaturas óptimas que van desde los 20 a los 24 °C a lo largo del día, al ser una planta que desprende un característico aroma utiliza esta estrategia para evitar la pérdida de agua en días de calor, (Benítez, *et al.*, 2012).

2.4.3. Radiación

Esta especie al igual que las demás de su familia (Lamiaceae), es una planta que puede desarrollarse de forma óptima a plena luz (alta radiación), en condiciones ambientales de temperatura semi-fría, (Cañón, 2014).

Es un cultivo que debido a las condiciones en las que se ha desarrollado en su lugar de origen a lo largo de los años necesita de alta intensidad lumínica 4000 a 6000 pies de candela, (Remache, 2013).

En la página [gardencentereja](#) menciona que las campanitas de Irlanda crecen en pleno sol o sombra en un suelo franco, fértil, suelto y de un buen drenaje. Pueden sembrarse al aire libre en la primavera tan pronto como el suelo esté listo.

2.4.4. pH

El pH óptimo para el desarrollo de esta especie está entre 6.5 y 7.5, (Remache, 2013).

2.5. Manejo del cultivo

Es una especie que depende mucho de un suelo con un alto contenido de aireación, por lo tanto, es necesario que a partir del desarrollo del sistema radicular el suelo este en constante escarda para facilitar la oxigenación del mismo, es uno de los factores determinantes, pues tiene muchas consecuencias negativas el no atender esta labor, como lo pueden ser la clorosis de follaje, detención del crecimiento, plantas débiles, entre otros, (Observación personal).

Por otra parte, la escarda tiene como propósito la limpieza del cultivo al deshierbar la maleza, esto siempre tomando en cuenta el tamaño de la planta pues al crecer puede llegar a cubrir hasta el metro de ancho, haciendo imposible la entrada de herramientas en general, debido a que se puede ocasionar fractura de tallos. La ventaja de esta especie radica en que, la sombra que genera el denso follaje hace que la pequeña maleza que nazca en la base no se crezca y se quede en un tamaño no significativo para el desarrollo de la Campanita de Irlanda, (Observación personal).

Por lo anterior, es necesario tener la base del cultivo en los surcos siempre limpia al menos en la etapa de desarrollo inicial y mediana de la planta.

2.5.1. Siembra

Es una especie que debido al tamaño de las núculas no necesita de tanta profundidad de siembra, debe ser a 1 cm de profundidad.

La distancia apropiada entre plantas es de 25 cm, dándole un margen de crecimiento en el momento en que estas comiencen a crecer los tallos, (Observación personal).

2.5.2. Riegos

Cuando se siembra esta especie lo más recomendable es que se deje regando la zona donde se ha sembrado, el suelo al menos el primer día de riego debe llegar a capacidad de campo, el resto de la semana debe ser similar siempre cuidando que la humedad este en un punto óptimo, esto es posible comprobándolo de forma sencilla introduciendo el dedo en el suelo para saber si tiene buena retención de agua, esto es para que sea posible que la semilla comience con su proceso de germinación y emergencia, esta parte es fundamental ya que la germinación en ambientes con temperaturas en promedio de 30 °C es de forma acelerada llegando a germinar a los 6 días con la humedad y temperaturas antes dichas. Una vez emergida la planta los riegos se pueden realizar en días alternados en la semana, ya sea el lunes, miércoles, viernes y domingo, dependiendo de la presión que genera el agua en la cintilla será el tiempo de riego de la misma, en una cintilla de 5/8" lo adecuado sería un riego de por lo menos 6 horas, no sobrepasar la humedad pues es una especie susceptible al exceso de agua llegando a amarillarse y en caso extremo a morir debido a un pudrimiento del tallo en la parte basal, (Observación personal), (Martínez, *et al.*, 2017).

2.5.3. Desbrote y deshoje

Durante el crecimiento de los tallos es necesario ir haciendo ciertas labores que son determinantes en la calidad de los mismos, uno de ellos es el desbrote, este consiste en ir eliminando los brotes que emergen de las yemas, comienzan a aparecer en la etapa media del desarrollo del tallo entre 50 y 60 cm, esta actividad favorece al óptimo desarrollo del tallo principal, se debe de realizar de forma cuidadosa tomando el brote con la yema del dedo y haciendo un movimiento lateral hasta quebrarlo, (Observación personal).

Por otra parte, el deshoje es una actividad importante que se realiza preferentemente antes de la cosecha. Los tallos tienen hojas en los verticilos de

la inflorescencia que deben eliminarse ya que se comercializan sin ellas, (Wicky, *et al.*, 2015).

2.6. Cosecha

La Campanita de Irlanda tiene una característica que la hace especial de las demás especies de ornamentales y es su uso tanto en fresco como en seco.

Las varas cosechadas presentan una prolongada vida en florero (dos semanas aproximadamente). Constituye una buena alternativa para uso como acompañante de arreglos florales, aunque también pueden usarse las varas secas. Para deshidratarlas, una vez cosechadas deben de colocarse boca abajo en un ambiente seco y oscuro, (Wicky, *et al.*, 2015).

2.7. Las Lamiaceae en México.

En México, las Lamiaceae es la octava familia más diversa y el número de sus especies representa el 5% de la familia a nivel mundial, por lo que el país puede considerarse uno de los centros de diversificación *in situ* de la familia. Si bien se ha logrado un avance considerable de su conocimiento y en la actualidad hay un repunte en su estudio, es necesario diversificar los campos de investigación, (Martínez, *et al.*, 2017).

2.8. Nutrición

El desarrollo fenológico de cada especie en el planeta depende en gran medida de las condiciones ambientales en las que se encuentre, a la par con las necesidades atmosféricas de cualquier tipo de herbácea, también se encuentran las necesidades minerales. La fertilización mineral por lo tanto juega un papel importante en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, cualquier especie en la tierra tiene la capacidad de crecer y de formar su descendencia a pesar de las carencias que algunos suelos pueden tener, cuando se habla de calidad, la parte de la nutrición toma una mayor importancia, al tener cada uno de los elementos minerales presentes en el suelo hace posible que la planta pueda cumplir de manera exitosa los procesos metabólicos que le son necesarios para su buen

crecimiento, dando así un producto de alta calidad con un alto valor comercial. Cada especie tiene sus diferentes niveles y requerimientos de fertilizantes, el aporte de fertilizantes en forma de sales minerales se hace necesario desde el inicio de la plantación del cultivo para asegurar un óptimo desarrollo fenológico. Las necesidades nutricionales de las plantas se estudian de forma separada en dos grandes grupos: nutrientes orgánicos e inorgánicos. Los primeros representan entre el 90 y 95% del peso seco de las plantas y están constituidos por elementos carbono, oxígeno e hidrógeno obtenidos a partir de CO₂ de la atmósfera y del agua del suelo. El restante constituye 5-10%, constituye la denominada fracción mineral, (Azcón, *et al.*, 2008).

En la planta el Nitrógeno, Fósforo y Potasio son considerados como macronutrientes, se les denomina nutrientes primarios, mientras que el Magnesio, Calcio y Azufre también macronutrientes, se les llama nutrientes secundarios, (Pérez, 2017).

Son considerados como macronutrientes porque se acumulan en la planta en cantidades considerables. El Hierro, Cobre, Zinc, Manganeso, Molibdeno y Boro se encuentran en la planta en cantidades mucho menores que los macronutrientes y se les conoce como micronutrientes u oligoelementos.

2.8.1. La nutrición mineral

El establecimiento de la nutrición mineral de las plantas como disciplina científica es principalmente el trabajo de recopilación y armonización de Von Liebig, que reunió toda la información existente en su época de forma estructurada, siendo clave también su contribución a la eliminación definitiva de la teoría aristotélica del humus (1848). Este hecho condujo a un rápido aumento del uso de fertilizantes minerales, (Azcón, *et al.*, 2008).

La nutrición mineral de las plantas, considerada como un factor exógeno, puede manejarse fácilmente. Esta característica constituye un punto fundamental complementario a una serie de actividades que el hombre realiza para hacer frente a las enfermedades y obtener productos que le beneficien. Los nutrimentos

influyen en el crecimiento y la supervivencia de los patógenos, en la predisposición, tolerancia y resistencia de las plantas. Por otra parte, los virus presentes en las plantas tienden a alterar la absorción, translocación y concentración de minerales en las plantas, (Velasco, 1999).

De acuerdo al manejo del cultivo y los factores de disponibilidad de nutrimentos es posible que se obtenga un cultivo en buenas condiciones con un alto grado de calidad para una mejor oferta por parte del mercado.

El estudio de la nutrición mineral de las plantas amerita conocer su composición química cuyo objetivo se puede alcanzar utilizando los métodos siguientes:

1. **El análisis elemental**, que determina la naturaleza y las proporciones en que se encuentran los elementos de los minerales en las diversas partes de la planta.
2. **El análisis inmediato**, que trata de reconocer la naturaleza de los componentes orgánicos que existen en las diversas partes de la planta, (Alegría, 2016).

2.8.2. Función de la nutrición mineral

La nutrición es el conjunto de procesos mediante los cuales los seres vivos toman sustancias del exterior y las transforman en materia propia y energía.

Autótrofos. Son capaces de producir su propia materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas sencillas (dióxido de carbono, agua y sales minerales) que toman del medio. Para ello, precisan de una fuente de energía. Según la fuente de energía pueden ser:

Fotosintéticos. Obtienen la energía de la luz del sol, en este grupo constituyen las algas, las plantas y las bacterias fotosintéticas.

Quimiosintéticos. Utilizan la energía liberada de ciertas reacciones químicas, pertenecen a este grupo determinadas bacterias, (Alegría, 2016).

2.8.3. Qué es un nutriente mineral

Morales (2002) menciona que un nutriente es una sustancia o molécula que contiene al elemento disponible. Para que un nutriente influya en el metabolismo de la planta, debe ser absorbido, transportado y asimilado.

2.8.4. Importancia del análisis de suelo

Todos los métodos analíticos dependen mucho del cuidadoso muestreo del suelo, debido a que el contenido de nutrientes de un suelo puede diferir marcadamente no solo en el mismo perfil sino también en el horizonte. Para un suelo dado deben recogerse suficientes sub-muestras para tener una muestra representativa. Esto es particularmente para determinar el contenido de disponibilidad de N, dado que el contenido de N en un suelo puede diferir de un sitio a otro. Para la determinación de fosfato y K, se consideran unas veinticinco sub-muestras por ha para obtener una muestra representativa, (Hanotiaux, 1966).

2.8.5. Fertilización de la Campanita de Irlanda

Hasta la fecha no existe información suficiente sobre los requerimientos necesarios para el desarrollo de esta especie. De acuerdo al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina (2015) este cultivo no requiere niveles de fertilización elevados, por el contrario, niveles elevados de nitrógeno pueden provocar un crecimiento excesivo de las plantas y disminuir la calidad de postcosecha de las varas cortadas, (Wicky, 2015).

2.8.6. Macronutrientes y micronutrientes

El organismo y composición de los sistemas de las plantas tienen características particulares de las cuales destacan funciones importantes al grado de ser parte necesaria para el desarrollo de ellas. Esto ocurre con la ayuda de minerales que poseen funciones dentro del organismo de las plantas. Estos se distribuyen en dos clases de minerales, los macronutrientes y los micronutrientes, cada uno en una clasificación distinta por las cantidades que la planta, pero con funciones igual de importantes por las dos partes. Los micronutrientes son minerales que

se suministran en muy bajas concentraciones, la mayoría de estos corresponde a constituyentes enzimáticos y, en consecuencia, solo son necesarios en bajas concentraciones. Por otra parte, los denominados macronutrientes son constituyentes de biomoléculas estructurales, tales como proteínas, lípidos o carbohidratos, o actúan como osmolitos. Los valores de cada mineral pueden variar considerablemente dependiendo de la especie, la edad de la planta y la concentración mineral disponible en los sitios de cultivo, (Azcón, *et al.*, 2008).

2.8.7. Nutrientes esenciales

A finales del siglo XVIII, De Saussure (1767-1845), que estudió tanto la fotosíntesis como la absorción de nutrientes, introdujo nuevas técnicas y métodos muy cuidadosos con lo que lo convirtieron en uno de los pioneros en el análisis de elementos en plantas; a él se le debe la idea de que algunos de estos elementos, pero no necesariamente todos, pueden ser indispensables. Surgió así el concepto de elemento esencial para el crecimiento de las plantas, (Azcón, *et al.*, 2008).

El término elemento mineral esencial también es denominado como nutriente mineral fue propuesto por Arnon y Stout (1934). Estos investigadores mencionaron que para que un elemento pudiera ser considerado esencial debía cumplir estos tres criterios:

- 1.- En ausencia del elemento mineral considerado, la planta es incapaz de completar su ciclo vital.
- 2.- La función que realiza dicho elemento no puede ser desempeñada por ningún otro mineral de reemplazo o de sustitución.
- 3.- El elemento debe estar directamente implicado en el metabolismo –por ejemplo, como componente de una molécula esencial de la planta-, o ser necesario en una fase metabólica precisa, como, por ejemplo, una reacción enzimática.

Los elementos esenciales son: carbono, hidrógeno y oxígeno que provienen del aire y del agua del suelo. Además de: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, fierro, cobre, zinc, manganeso, molibdeno y boro que son suministrados a la planta a partir de las reservas del suelo o mediante la aplicación de abonos y fertilizantes.

Muchas de las especies han demostrado que les resulta benéfica la presencia de cloro, cobalto, silicio, sodio, níquel, aluminio, iodo y posiblemente el vanadio, pero estos no se consideran nutrientes esenciales. (Pérez, 2017)

2.8.8. Determinación de la disponibilidad de nutrientes

Desde el comienzo de la agricultura el ser humano bien supo que los suelos diferían ampliamente en su fertilidad. A lo largo del tiempo las civilizaciones se fueron percatando que efectivamente el contenido y capacidad de un suelo influía en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Actualmente se tiene conocimiento de que evidentemente la fertilidad del suelo depende tanto de las condiciones físicas como químicas del suelo. El descubrimiento, hecho en el siglo 19, que las plantas recibían la mayor parte de sus constituyentes desde el suelo, reveló que uno de los componentes de la fertilidad edáfica es el contenido de nutrientes presentes en el suelo. Sin embargo, el contenido total de nutrientes para las especies de vegetales en el suelo no es de importancia, sino más bien el contenido de nutrientes fácilmente solubles y accesibles. La determinación de la variación de nutrientes disponibles es efectuada por varias técnicas. Éstas difieren básicamente en principio y tres estrategias muy diferentes son provistas por el análisis de suelo, el análisis de tejidos vegetales y los experimentos llevados a cabo tanto en campo como en macetas. (Mengel, *et al.*, 2000)

2.8.9. Macronutrientes primarios

Mengel (2000), menciona a los elementos importantes que la planta necesita tanto estructurales como aquellos que cumplen una función metabólica y enzimática.

2.8.9.1. Nitrógeno (N)

El nitrógeno es uno de los elementos más ampliamente distribuido en la naturaleza. Está presente en la atmósfera, hidrósfera y litósfera. Pero en mayor cantidad este elemento está presente en la atmósfera.

El suelo contiene sólo una fracción minúscula de N de la litósfera, y de este N del suelo, solo una muy pequeña fracción está disponible directamente en las plantas. Esto ocurre principalmente en la forma de los iones NO_3^- Y NH_4^+ . El nitrógeno es un elemento muy móvil que circula entre la atmósfera, el suelo y los organismos vivos. Muchos procesos y factores están implicados en el ciclo del N. Algunos son físico-químicos y otros biológicos.

2.8.9.1.1 Síntomas de deficiencia del nitrógeno

El diagnóstico visual de deficiencia nutricional provee uno de los medios más valiosos para evaluar las condiciones nutritivas de un cultivo. La deficiencia del nitrógeno se caracteriza por una tasa de crecimiento muy pobre. La deficiencia de nitrógeno resulta en un colapso de los cloroplastos, así como también un desajuste del desarrollo de los mismos, de aquí que las hojas con deficiencias nitrogenadas, muestran una clorosis que en general está más bien uniformemente distribuido en toda la hoja. Las plantas permanecen pequeñas, los tallos tienen una apariencia ahilada, las hojas son pequeñas y las más viejas con frecuencia caen prematuramente.

2.8.9.2. Fósforo (P)

El fósforo en los suelos ocurre casi exclusivamente de forma de ortofosfatos. El contenido total se da en un rango entre 0.02 a 15% de P. Desde el punto de vista de nutrición vegetal, son importantes tres fracciones principales de nutrición en

el suelo: el fosfato en la solución del suelo, el fosfato disponible o lábil, el fosfato indisponible. La fracción de fosfatos fácilmente disponible consiste principalmente en fosfatos de Ca solubles y fosfatos adsorbidos a la superficie de los minerales de la arcilla. De los fosfatos adsorbidos solo la fracción mononuclear se considera que es fácilmente disponible, ya que la fracción binuclear se adhiere muy fuertemente a la superficie adsorbente del suelo. Por otra parte, la materia orgánica del suelo contiene P de modo que la mineralización de materia orgánica libera fosfato en la solución del suelo. El proceso definitivo por medio el cual los fosfatos orgánicos se vuelven disponibles es por la ruptura del fosfato inorgánico por medio de una reacción fosfatasa. La enzima fosfatasa es producida por las raíces de plantas superiores, así como por numerosos microorganismos.

2.8.9.2.1 Síntomas de deficiencia de Fósforo

Las plantas que padecen deficiencias de fósforo tienen un crecimiento retardado y la relación del peso seco entre la parte aérea/raíz generalmente baja. En cereales el macollaje es afectado. Los árboles de fruto muestran tasas reducidas de crecimiento de los nuevos retoños, y frecuentemente el desarrollo y la apertura de los nuevos brotes florales es insatisfactoria. Generalmente los síntomas de deficiencia de P aparecen en las hojas más maduras, que poseen un color verde oscuro. Los tallos de especie anuales que tienen deficiencias de este mineral presentan coloración rojiza originada por una mayor síntesis de antocianinas. Las hojas de árboles frutales deficientes de P se tiñen frecuentemente de colores oscuros. Por otra parte, niveles altos de fosfatos en el medio radicular pueden deprimir el crecimiento de la planta.

2.8.9.3. Potasio (K)

Una gran parte del K^+ está unida a minerales primarios o están presentes en los minerales de arcilla secundarios que conforman ampliamente la fracción de arcilla en el suelo, con tamaños de partícula inferiores a $2 \mu m$. Por esta razón los suelos ricos en arcilla son también generalmente ricos en K^+ . La fuente principal

de K^+ para el crecimiento de las plantas en condiciones naturales viene de la meteorización de minerales que contienen potasio. En los feldespatos potásicos, el K^+ está localizado en los intersticios de la estructura de Si, Al-O del cristal y mantenido estrechamente por enlaces covalentes. La meteorización de los feldespatos comienza en la superficie de la partícula. El potasio se libera inicialmente por el agua y los ácidos débiles a una tasa más rápida que otros constituyentes. El grado al cual ocurre la fijación de K^+ depende de varios factores incluida la densidad de carga del mineral, la extensión de la zona de borde, el contenido de humedad, la concentración de K^+ y la naturaleza y concentración de los cationes competidores del medio edáfico. La fijación tiende a ser alta cuando la carga negativa por unidad de capa de silicatos (densidad de carga) es alto. La principal función del K^+ en bioquímica es la activación de diversos sistemas enzimáticos. En buena parte de los casos este elemento es el catión más eficiente para efectuar esta activación.

2.8.9.3.1. Síntomas de deficiencia del Potasio

Los síntomas de deficiencia de potasio no son tan visibles inicialmente, solo se manifiesta en una menor tasa de crecimiento, después pasa a manifestarse una clorosis y eventualmente necrosis. Estos síntomas comienzan generalmente en las hojas más maduras, debido al hecho que estas suministran con K^+ a las hojas más jóvenes. En la mayoría de las especies vegetales la clorosis y la necrosis comienzan en los márgenes y puntas de las hojas (maíz, cereales, árboles frutales). Las plantas que padecen de deficiencias de K^+ muestran una disminución de turgor, y bajo estrés hídrico se vuelven fácilmente flojas. La resistencia a la sequía es por tanto pobre y las plantas afectadas muestran una mayor susceptibilidad al daño por heladas, ataques fúngicos y condiciones salinas. En las plantas deficientes de este mineral se observa frecuentemente un desarrollo anormal de tejidos y orgánulos celulares.

2.8.9.4. Calcio (Ca)

El contenido medio de Ca presente en la corteza terrestre asciende a cerca de 3.64%. Es por lo tanto mayor que los demás nutrientes minerales. El calcio en el suelo ocurre en diversos minerales primarios. Estos incluyen Aluminio-silicatos que poseen Ca, como feldespatos y amfiboles, fosfatos y carbonatos de Ca. El calcio se requiere para el elongamiento y división celular. Hay muchas evidencias que la secreción inducida por auxinas del H^+ de las células meristemáticas está relacionada a la presencia de Ca^{2+} . El papel del Ca^{2+} en estabilidad de membrana no solo es de importancia en la absorción de iones, sino también en otros metabolitos. La mayor parte del Ca presente en los tejidos de la planta está localizado en el apoplasto y en las vacuolas. Según Marschner (1978) ha sostenido que, el Ca juega un papel importante en la estabilidad de las membranas. Este autor sugiere que el bajo contenido de Ca en los órganos de almacenamiento induce una alta permeabilidad de membrana, permitiendo la difusión de sustancias disueltas en los tejidos. Esto es obviamente de gran importancia en los frutos y órganos de almacenamiento que acumulan grandes cantidades de azúcares del floema.

2.8.9.4.1. Síntomas de deficiencia de Calcio

La deficiencia de calcio se caracteriza por un menor crecimiento de los tejidos meristemáticos. La deficiencia puede ser primero observada en los brotes nuevos en crecimiento y en las hojas más jóvenes. Estos se deforman y vuelven cloróticos en una etapa más avanzada ocurre necrosis en los márgenes de la hoja. Los tejidos dañados se vuelven blandos debido a la disolución de la pared celular. Se producen sustancias castañas que se acumulan en los espacios intracelulares y también sobre el tejido vascular, estas afectaciones pueden repercutir en el mecanismo de transporte. Un factor controlante de la adsorción del Ca en las raíces es también el clima que provocan la falta de crecimiento de pelos radiculares, lo cual afecta la entrada este nutriente a la planta. La falta de Ca en plantas como el tomate produce un efecto directo sobre la fruta al presentar putrefacciones en la punta de estos.

2.8.9.5. Magnesio (Mg)

El contenido de Mg en la mayoría de los suelos está generalmente en el rango de 0.05% para suelos arenosos y 0.5 para los suelos arcillosos. Niveles más altos se encuentran en suelos arcillosos porque el Mg está presente en minerales ferromagnesianos, relativamente meteorizables con la biotita, serpentina, hornblende y olivina. Además, está presente en minerales de arcillas secundarias como clorita, vermiculita, illita y montmorillonita. Algunos suelos contienen Mg como $MgCO_3$ o dolomita ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$). El Mg intercambiable esta generalmente en el orden del 5% del Mg total y esta fracción junto con la del Mg soluble en el agua es la de mayor importancia en el suministro para las plantas. El Mg intercambiable constituye normalmente desde el 4 al 20% de la capacidad de intercambio catiónica. El nivel de Mg en los suelos depende en gran parte del tipo de suelo. Los suelos altamente lixiviados y meteorizados como los podzoles y suelos lateríticos poseen generalmente contenidos bajos de este elemento. Una de las funciones principales de este mineral dentro de la planta es actuar como cofactor de casi toda activación de enzimas en procesos de fosforilación. El Magnesio forma un puente entre la estructura del pirofosfato del ATP o del ADP y la molécula de la enzima. Una reacción clave del Mg^{2+} es la activación de la ribulosa bisfosfato carboxilasa.

2.8.9.5.1. Síntomas de deficiencia del Magnesio

La deficiencia de este mineral tiene diferentes aspectos en las especies vegetales, aunque de forma general se puede mencionar que ocurre una clorosis intervenal o clorosis y en casos extremos llegan a presentar necrosis. Las hojas individuales que padecen deficiencia de Mg presentan rigidez, tienden a quebrarse y las venas intercostales están retorcidas. Las hojas con deficiencia de Magnesio con frecuencia caen prematuramente. Por otra parte, en cereales o monocotiledóneas la deficiencia se percibe en la base de las primeras hojas mostrando pequeñas manchas verde oscuras, de acumulación de clorofila que se destacan contra el color pálido amarillo del resto de la hoja. Las plantas que sufren de deficiencia de Mg^{2+} no tan solo son pobres en clorofila, sino también

que disminuye el contenido de carotenoides. El Magnesio es móvil en la planta y la deficiencia comienza siempre en las hojas más maduras, ya que luego se mueve a las hojas nuevas.

2.8.9.6. Azufre (S)

El azufre ocurre en el suelo en formas inorgánicas y orgánicas, en la mayoría de los suelos el S orgánico provee el principal reservorio de S, en suelos de turba, este puede constituir casi el 100% de total de S. Los sulfatos como los fosfatos son adsorbidos a los sesquióxidos y a los minerales de las arcillas, aunque la fuerza de retención de los sulfatos no es tan fuerte como la del fosfato. Hay factores que condicionan la disponibilidad de este mineral, se ha verificado que existe una relación entre el contenido de arcilla del suelo y el contenido de sulfato intercambiable, aumentando el contenido de sulfato intercambiable con el aumento de contenido de arcilla. Del trabajo de SCOTT 1976 en suelos del Noreste de Escocia la adsorción de sulfatos parece depender del Fe activo que del aluminio. Los niveles totales de suelo dependen del contenido de materia orgánica, así como también de las condiciones climáticas. Bajo condiciones húmedas cantidades altas de SO_4^{2-} se filtran hacia horizontes sub – superficiales, mientras que en condiciones áridas SO_4^{2-} se acumulan en las capas superiores del suelo. Los suelos de regiones templadas poseen generalmente cantidades más altas en S cuanto más materia orgánica contienen. La oxidación del S resulta así en la formación de H_2SO_4 . Ocurre así un consecuente incremento de la acidez de suelo. La fracción de S orgánico de suelo se vuelve disponible para las plantas por la actividad microbiana. Las plantas absorben S principalmente en forma de SO_4^{2-} . En el rango de pH al cual las raíces están normalmente expuestas, la absorción no es muy sensible a los cambios de pH. La cisteína y la metionina son los aminoácidos de S más importantes en las plantas, donde se dan tanto como aminoácidos libres o constituyendo bloques de proteínas.

2.8.9.6.1. Síntomas de deficiencia del Azufre

Como elemento esencial de proteínas, la deficiencia de S resulta en una inhibición de la síntesis proteica. Si los aminoácidos de S (cisteína, metionina) que son los bloques constructivos esenciales de proteínas, son deficientes, las proteínas no pueden sintetizarse. Por esta razón los aminoácidos que no contienen azufre se acumulan en los tejidos de las plantas deficientes de S. Las plantas que padecen deficiencia de S la tasa de crecimiento del cultivo se reduce. Generalmente se afecta más el crecimiento de los retoños que el de la raíz. Se afecta la formación de cloroplastos y que puede ocurrir una descomposición de cloroplastos en casos severos. En contraste con la deficiencia de N, los síntomas cloróticos ocurren primero en las hojas recién formadas.

2.8.9.7. Boro (B)

El contenido total de B del suelo está en el rango de 20 a 200 ppm, la mayoría del B del suelo no está disponible para las plantas, la fracción disponible (soluble en agua caliente) varía entre 0.4 a 5 ppm. El B soluble del suelo consiste principalmente de ácido bórico $B(OH)_3$. En las condiciones de pH del suelo, este ácido no está deprotonado (disociado) y en contraste con los demás minerales esenciales de la planta, el B está presente principalmente en una forma no ionizada en la solución del suelo. Esta puede ser la razón porque el B puede lixiviarse tan fácilmente del suelo. El boro es relativamente inmóvil en las plantas y frecuentemente los contenidos de B aumentan desde la parte inferior de la planta a la superior. Se requiere un suministro continuo de B para el mantenimiento de la actividad meristemática. Se ha demostrado que el B se requiere para la síntesis de bases nitrogenadas como el uracil. El Boro juega un papel importante en la germinación de los tubos de polen. Por otra parte, otra de las funciones importantes de este elemento mineral dentro de la planta es la síntesis de RNA la cual ha sido demostrada más recientemente.

2.8.9.7.1. Síntomas de deficiencia de Boro

La deficiencia de Boro aparece primero como un crecimiento anormal o retardado de los puntos apicales en crecimiento. Las hojas más jóvenes son deformadas, arrugadas, y con frecuencia más gruesas y de color azul-verde oscuro. Puede ocurrir clorosis irregular sobre las nervaduras secundarias. Las hojas y tallos se vuelven quebradizos e indican desajustes en la transpiración. Una característica común en la deficiencia de B son los disturbios en el desarrollo de los tejidos meristemáticos, sean estos ápices de la raíz, partes superiores de la planta o tejidos del cambium. También, cuando el B es deficiente, la síntesis de citoquininas es deprimida. Ha habido diferentes estudios en donde se menciona que las auxinas se acumulan en los tejidos deficientes de sugieren que la necrosis en los puntos de crecimiento de plantas deficientes de B es provocada por la acumulación de auxinas. Las plantas suministradas inadecuadamente de este elemento muestran un desajuste en la germinación de polen, afectando la formación del fruto.

2.8.9.8. Hierro (Fe)

La mayor parte de Fe del suelo se da generalmente en las estructuras cristalinas de numerosos minerales. Los minerales primarios donde se presenta el Fe se incluyen en silicatos ferromagnesianos, como la oliviana, augita, hornblenda y biotita. Estos minerales junto con la micas-biotita constituyen la principal fuente de Fe en las rocas ígneas. El contenido de Fe soluble en los suelos es extremadamente bajo en comparación con el contenido de Fe total. Las formas inorgánicas solubles incluyen Fe^{3+} , $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$, $\text{Fe}(\text{OH})_2^{2+}$ y Fe^{2+} . En los suelos bien aireados, sin embargo, el Fe^{3+} contribuye poco al Fe inorgánico soluble total, excepto en suelos de pH muy alto. La solubilidad del Fe está controlada en gran parte por la solubilidad de los hidróxidos Fe (III). Estos aumentan los niveles de Fe^{3+} y sus especies hidrolizadas. En los suelos ácidos son relativamente más altos en Fe inorgánico soluble que en los suelos calcáreos donde los niveles pueden ser extremadamente bajos. Por lo anterior se puede deducir que la baja presencia de Fe en suelos de tipo calcáreo siempre tiende a repercutir en la falta

de este mineral en las especies vegetales presentes en ese tipo de suelo. Dentro de los procesos bioquímicos del Fe en la planta es la función mejor conocida que es en sistemas enzimáticos donde las haem o haemin funcionan como grupos prostéticos. Aquí el Fe también tiene una función similar al Mg en la estructura de porfirina de la clorofila. Estos sistemas enzimáticos haem incluyen la catalasa, peroxidasa, citocromo oxidasa, así como diversos citocromos. El hierro es también necesario para el paso oxidativo del coproporfirinógeno en la síntesis de clorofila.

2.8.9.8.1 Síntomas de deficiencia de Hierro

La deficiencia de Fe y Mg son similares ya que ambas están caracterizadas por una falta en la producción de clorofila. La deficiencia de Hierro, sin embargo, comienza siempre en las hojas más jóvenes. En muchas especies puede observarse con frecuencia en las hojas recién formadas, una clorosis intervenal y un patrón reticulado muy fino contrastado marcadamente en las nervaduras verdes más oscuras contra un fondo verde amarillento más claro. Con frecuencia las hojas más jóvenes pueden ser completamente blancas y totalmente libres de clorofila.

2.8.9.9. Manganeso (Mn)

El magnesio ocurre en diversas rocas primarias y en particular en materiales ferromagnéticos. El Mn liberado de estas rocas por meteorización forma un grupo de minerales secundarios siendo los más prominentes la pirolusita (MnO_2) y la magnetite $MnO(OH)$. Las fracciones de suelo más importantes que tienen Mn son Mn^{2+} y los óxidos de Mn, en que el Mn está presente en forma trivalente o tetravalente. El Mn bivalente es absorbido por los minerales de arcilla y la materia orgánica y también en la forma de Mn más importante del suelo. En su comportamiento químico, el Mn posee tanto propiedades de cationes alcalinos como de metales pesados. Este proceso hace que los iones afecten la absorción y translocación del Mn en la planta. El Mn se trasloca preferentemente hacia los tejidos meristemáticos, los órganos jóvenes son así en general ricos en Mn. En

sus funciones biológicas en Mn^{2+} se semeja Mg^{2+} . Los dos minerales iónicos enlazan el ATP en el complejo de enzimas (fosfoquinasas y fosfotransferasas). El rol mejor documentado del Mn en las plantas verdes es la partición del agua y O_2 sistema de evolución de la fotosíntesis, la llamada reacción de Hill. Ha sido confirmado que el Mn es requerido tanto por las plantas superiores como inferiores, ya que parece que la mangano-proteína cataliza la evolución del O_2 .

2.8.9.9.1. Síntomas de deficiencia de Manganeso

Los cloroplastos son los orgánulos más sensibles de toda la célula a la deficiencia de Mn, ocurriendo la desorganización del sistema lamelar. La deficiencia de manganeso se asemeja a la del magnesio, ya que en ambos casos se observan en las hojas clorosis intervenal. A diferencia de la deficiencia, sin embargo, los síntomas de deficiencia de Mn son primeramente más visibles en las hojas más jóvenes, mientras que la deficiencia de Mg las hojas más maduras son las más afectadas. Los síntomas de deficiencia del Mn en las dicotiledóneas se caracterizan frecuentemente con manchas amarillas en las hojas. La deficiencia y severidad de la deficiencia de Mn aparenta depende de condiciones estacionales. La deficiencia es en general mayor en climas húmedos y fríos, posiblemente como resultado de una reducción de actividad metabólica radicular, que afecta la absorción de Mn.

2.8.9.10. Zinc (Zn)

El contenido promedio de Zn en la litosfera es cercano a 80 ppm. En los suelos está presente generalmente en el rango de 10 a 300 ppm ocurriendo en un grupo de diferentes minerales. La solubilidad de Zn es específicamente baja en suelos de pH alto y cuando está presente $CaCO_3$. El Zn interactúa con la materia orgánica del suelo, formándose complejos orgánicos de Zn tanto solubles como insolubles. En promedio un 60% del Zn soluble en el suelo ocurre como complejos solubles de Zn. Los complejos orgánicos solubles de Zn están asociados principalmente con aminoácidos, ácidos orgánicos insolubles son derivados de ácidos húmicos. El nivel de Zn en los suelos está muy relacionado

con el material parental. Los suelos originales a partir de rocas ígneas básicas poseen elevados contenidos de Zn. En contraste los suelos derivados de materiales parentales más silíceos son particularmente bajos. Ocasionalmente niveles muy bajos de Zn pueden ocurrir en suelos que han sido afectados por desechos minerales. En su función en algunos sistemas enzimáticos, el Zn^{2+} se asemeja al Mn^{2+} y al Mg^{2+} en que causa la formación obligatoria entre la enzima y el sustrato. Un grupo de enzimas que incluye la enolasa son así activadas, más o menos de la manera por el Mn^{2+} , el Mg^{2+} ó el Zn^{2+} . Hasta relativamente reciente, la única enzima auténticamente específica auténticamente específica activada por el Zn^{2+} era la carbónico anhidrasa, El Zn está estrechamente involucrado en el metabolismo nitrogenado de la planta.

2.8.9.10.1. Síntomas de deficiencia de Zinc

Las plantas que padecen de deficiencia de Zn frecuentemente muestran clorosis en las áreas intervenales de las hojas. Estas áreas son de color verde pálido, amarillentas, o uniformemente blancas. En las monocotiledóneas y particularmente en maíz, se forman franjas cloróticas ya sea en las dos caras de la nervadura principal de la hoja. En árboles frutales las hojas desarrolladas son adversamente afectadas. Se forman racimos de rosetas de hojas rígidas pequeñas des uniformemente distribuidas en los extremos de los brotes jóvenes. Frecuentemente los brotes mueren y las hojas mueren prematuramente. Los síntomas de deficiencia en cultivos hortícolas son más relacionados a las distintas especies que los síntomas de deficiencia de los nutrientes vegetales. La movilidad en las plantas no es alta, el zinc se acumula en los tejidos radiculares especialmente cuando el suministro de Zn es alto. En las hojas más maduras el Zn se vuelve muy inmóvil. La tasa de movilidad del Zn a tejidos más jóvenes es particularmente deprimida en plantas deficientes de Zn. La absorción de Zn fue reducida considerablemente por las bajas temperaturas y por inhibidores metabólicos. Se tienen investigaciones donde se ha demostrado que el Cu inhibe fuertemente la absorción de Zn. La interacción entre el Zn y el P ha sido estudiada por muchos investigadores, y se conoce bien que altos niveles de suministro de

P inducen deficiencia de Zn. En las plantas deficientes la síntesis de proteínas y los niveles de proteínas están marcadamente reducidos acumulándose amidas y aminoácidos. La deficiencia de Zn puede afectar el metabolismo de las proteínas de tres formas, activando la RNA polimerasa, afectando la integridad estructural de los ribosomas y promoviendo la degradación de RNA por un aumento de la actividad del RNase. Existe una correlación entre el Zn disponible y la materia orgánica, en donde la deficiencia de Zn ocurre frecuentemente en sitios donde la superficie orgánica del suelo ha sido retirada.

2.8.9.11. Cobre (Cu)

El cobre ocurre en el suelo casi exclusivamente en forma bivalente. La mayor fracción de Cu ocurre en compuestos orgánicos, está presente en catión intercambiable en los coloides del suelo y es un elemento más de la solución del suelo. El cobre está más fuertemente unido a la materia orgánica que cualquier otro catión micronutriente (por ejemplo, Zn^{2+} , Mn^{2+}), y los complejos orgánicos de Cu juegan un papel importante al regular la movilidad y la disponibilidad de Cu en el suelo. En comparación con otros cationes, el Cu es mantenido muy fuertemente a los sitios de intercambio inorgánicos y esta forma intercambiable no es rápidamente disponible para las plantas. El cobre es absorbido por la planta solo en cantidades muy pequeñas. El contenido de Cu de la mayoría de las plantas está generalmente entre 2 y 20 ppm en la materia seca. El citocromo oxidasa, la oxidasa terminal en la cadena de transporte de mitocondrias, es una de las enzimas que contiene Cu mejor estudiadas. La actividad de esta enzima que transfieren electrones directamente al O_2 molecular puede inhibirse por el CN^- . Cuando esto ocurre otra oxidasa que contiene Cu, la quinoxa oxidasa, resistente al CN^- entra en juego. Esta enzima descubierta relativamente reciente, la llamada "oxidasa relativa" provee un segundo camino de oxidación de la mitocondria. Se cree que los electrones son directamente transferidos del sustrato de quinol al oxígeno molecular evitando la cadena de transporte de electrones. Cómo funciona el Cu en el proceso no es conocido aún.

2.8.9.11.1. Síntomas de deficiencia de Cobre

Un síntoma típico de la deficiencia de Cu es así el impacto en la síntesis de lignina. En los tejidos deficientes de Cu la actividad de la fenolasa es disminuida y ocurre una acumulación de fenoles. En la etapa vegetativa la deficiencia de Cu puede inducir una disminución de los contenidos de carbohidratos solubles como pudiera esperarse del papel de Cu en la fotosíntesis. Por otro lado, en cereales, la deficiencia se manifiesta cuando tienden a tener un excesivo macollamiento. Esto se debe a la acumulación de carbohidratos solubles en hojas y raíces. Se genera a partir de la nula floración y consecuentemente la carencia del proceso de llenado grano, por lo cual la energía se concentra en la parte vegetativa de la especie.

2.8.10. ¿Qué es la presiembra?

Todos los años hay que preparar el suelo para la siembra de los cultivos y, dentro de sus operaciones a realizar se presenta especial relevancia la fertilización de presiembra, también denominada, aunque sin mucho rigor, fertilización de fondo. El objetivo básico de la fertilización es garantizar que la planta encuentre en el suelo los nutrientes que necesita para su desarrollo equilibrado y sano, que proporcione al final, adecuados rendimientos. Por otro lado, el empleo de fertilizantes minerales y orgánicos se considera potencialmente agresivo desde el momento que puede provocar contaminación difusa de las aguas superficiales y profundas por aporte de nitratos, y eutrofización de ríos, lagos, embalses, etc. por el conjunto de nutrientes aportados, por lo que el fósforo suele ser un elemento que se considera más peligroso. Existen dos exigencias que es necesario compatibilizar: de una parte, hay que mantener la fertilidad del suelo en condiciones que las plantas puedan proporcionar importantes rendimientos con el menor coste y, de otra, hay que aportar los nutrientes estrictamente necesarios en las cantidades, forma y época que produzcan mínimos impactos en el suelo y en el ambiente, (Urbano, 1996).

2.8.11. Orígenes de los elementos minerales.

Las sales de los minerales son las suministradoras de los elementos nutritivos que las plantas requieren para su desarrollo de su ciclo vital. Proceden de las rocas de la litosfera, las cuales, y a través de muy diversos, se van degradando muy lentamente hasta convertirse en compuestos solubles. En el agua del suelo, estos compuestos se disocian en mayor o menor grado en cationes y aniones, pudiendo mantenerse libres en la disolución o fijarse merced a sus cargas eléctricas, a las partículas coloidales. En el suelo existen, por tanto, dos fuentes generales de nutrientes fácilmente asimilables por la planta. Por una parte, nutrientes absorbidos por los coloides, y por otra los que forman parte de la solución del suelo, (Navarro, 2003).

2.8.12. Sinergismos y antagonismos de los minerales

El exceso de nutrientes minerales en el medio de cultivo puede producir deficiencias nutricionales en los tejidos vegetales (Ver cuadro 2.1), (Aguilar, 2014).

Los elementos nutritivos en estado de iones pueden ejercer los unos sobre las otras acciones que conducen a reducir o aumentar la absorción por la planta, mediante mecanismos no totalmente establecidos, de naturaleza físico-química, química o biológica. Estas interacciones se conocen respectivamente como antagonismos y sinergismos. Se dice que hay antagonismo entre dos iones A y B cuando manteniéndose constante A el otro B tiende a inhibir la absorción del primero si su concentración aumenta en el medio. El efecto llega a ser máximo cuando la concentración de B llega a ser mayor que la de A. Los principales antagonismos que se presentan en la nutrición de las plantas cultivadas se observan entre sodio/calcio, potasio/calcio, potasio/magnesio y calcio/magnesio, (Navarro, 2003).

Cuadro 2.1. Sinergismo y Antagonismo de elementos minerales.

Nutrientes en exceso	Nutriente con posible deficiencia
Nitrógeno, Amonio.	Potasio, Calcio, Magnesio.
Potasio	Nitrógeno, Calcio Magnesio.
Fósforo	Cobre, Zinc, Hierro.
Calcio	Magnesio, Boro.
Magnesio	Calcio, Potasio
Sodio	Potasio, Calcio, Magnesio.
Manganeso	Hierro, Molibdeno.
Hierro	Manganeso.
Zinc	Manganeso, Hierro.
Cobre	Manganeso, Hierro, Molibdeno.
Molibdeno	Cobre.

FUENTE: Aguilar, 2014.

2.8.13. Movilidad de los nutrientes minerales.

La movilidad de los elementos en los tejidos define la ubicación visual de los síntomas de deficiencias o toxicidades nutrimentales, (Ver cuadro 2.2), (Aguilar, 2014).

Cuadro 2.2. Movilidad de elementos minerales en tejido.

Muy Móviles	Moderadamente Móviles	Limitada Movilidad
Nitrógeno	Magnesio	Hierro
Fósforo	Azufre	Manganeso
Potasio	Molibdeno	Cobre
Cloro		Zinc
		Calcio
		Boro

Aguilar: 2014

2.8.14. Influencia de la capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Las plantas toman los nutrientes en forma de iones que son aportados, básicamente, por las reservas del suelo y mediante la aplicación de fertilizantes minerales al mismo. Los nutrientes pueden estar unidos en algunas partículas sólidas del suelo, complejo arcillosos-húmico, o disueltos en el agua que contiene el suelo, solución del suelo. Todos los cationes adsorbidos en el complejo arcillo-húmico (complejo de cambio) pueden ser intercambiados por otros contenidos en la solución del suelo, de forma que entre ambos medios existe un permanente equilibrio de cationes. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) refleja la cantidad de cationes que pueden ser retenidos por los suelos, expresado en

miliequivalentes (meq)/100 g de suelo, aunque en la actualidad se utiliza la unidad cmolc/kg. A medida que la capacidad de intercambio catiónico es más elevada la fertilidad del suelo aumenta (Ver cuadro 2.3), (García-Serrano, 2009).

Cuadro 2.3. Capacidad de intercambio catiónico en los diferentes tipos de suelo.

Suelos arenosos	5 meq/100
Suelos francos	5-15 meq/100
Suelos arcillosos	15-25 meq/100

Fuente: García-Serrano (2009)

Los cationes que integran la capacidad de intercambio catiónico deben estar comprendidos entre los límites porcentuales establecidos, si se quiere que el suelo funcione adecuadamente, (Ver cuadro 2.4), (García-Serrano, 2009).

Cuadro 2.4. Principales cationes presentes en el suelo.

Ca	60-80% de la CIC
Mg	10-20% de la CIC
K	2-6% de la CIC
Na	0-3% de la CIC

Fuente: García-Serrano (2009)

2.8.15. Disponibilidad de nutrientes de acuerdo al pH

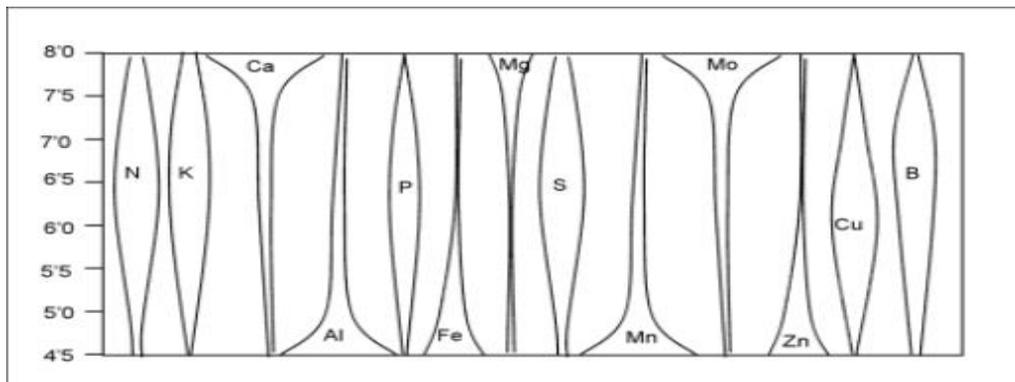
La reacción del suelo condiciona de forma decisiva no sólo la vida de los microorganismos y los importantes procesos en que ellos intervienen, sino también la mayor o menor asimilabilidad de muchos elementos químicos que para la planta son esenciales, y la de otros que a determinadas concentraciones pueden resultar tóxicos y producir en ella graves alteraciones, (Navarro, 2003).

Cada uno de los nutrientes minerales tiene diferentes formas de asimilación en base al nivel de acidez o de alcalinidad que persiste en el suelo (Ver figura 2.1). Las diferentes reacciones de los minerales al pH se encuentran en el siguiente recuadro, (Navarro, 2003).

2.8.16. Alcalinización

La disminución de la acidez del suelo por adición de compuestos de calcio y magnesio de una partícula común en suelos de región húmedas. Los compuestos más generalmente usados son los carbonatos, los hidróxidos de calcio y Magnesio (Cales agrícolas), y tienen la ventaja, entre otras cosas, de no dejar en el suelo residuos perjudiciales.

Figura 2.1. Disponibilidad de los minerales en el suelo de acuerdo al pH.



Fuente: Disponibilidad de nutrientes minerales en función del pH del suelo, (Follet, *et al.*, 1981).

La alcalinidad se produce cuando hay escasez de agua y el complejo coloidal presenta un alto grado de saturación de bases. Por ello, y debido a su carácter básico, puede hidrolizarse dando lugar a un predominio en la disolución del suelo de OH^- sobre los H^+ producidos en la disociación, (Navarro, 2003).

2.8.17. Transporte de los minerales en la planta

Las plantas difieren unas de otras en su poder de absorción. Plantas distintas cultivadas en un mismo suelo pueden tener una alimentación mineral diferente, tanto bajo el punto de vista cualitativo como cuantitativo. E incluso variedades distintas de una misma especie vegetal no actúan en el mismo modo. Las plantas jóvenes absorben rápida e intensamente los elementos minerales. Su proporción, referida a materia seca, es entonces máxima, después disminuye, aunque la absorción prosigue durante el crecimiento, debido al predominio creciente de los glúcidos que se van sintetizando. Por otra parte, dentro de los límites fisiológicos (0-40°C), un aumento de la temperatura provoca una mayor absorción de iones. Ello puede atribuirse entre otras causas, a que la disolución del suelo tiende a

estar más concentrada. Sin embargo, cuando superan los 40°C, la absorción se va paralizando, debido posiblemente a la deshidratación de las enzimas que intervienen directamente en el proceso, o bien porque se inhibe la síntesis de algún componente indispensable, (Navarro, 2003).

Los nutrimentos ascienden por el follaje originalmente por el xilema (parte del apoplasto). En órganos subterráneos, el apoplasto mantiene la continuidad con el agua del suelo. Abundantes estudios demuestran, sin embargo, que la corriente de transpiración no es indispensable para llevar los minerales al follaje (Tanner y Beevers 1990). El xilema es la vía principal para el transporte del agua (y sus solutos) en las plantas, pero no la única. Las transferencias floema-xilema, coordinadas por las células parenquimáticas asociadas a los tejidos de transporte, probablemente juegan un importante papel en la distribución interna de los minerales. Los nutrimentos acarreados por la corriente de transpiración se acumulan (se separan del agua) en sitios específicos dentro de las hojas, no en los estomas. Estos sitios, de descubrimiento reciente, se han identificado en las terminaciones de las venas, los hidátodos, la superficie interior de las células del mestoma, y en las células fusiformes de los bambúes. A partir de estos puntos de acumulación, los minerales son probablemente translocados en el floema, (Gutiérrez, 1997).

2.9. Humatos

Los bioestimulantes del crecimiento vegetal son sustancias naturales para el tratamiento de los cultivos como activadores de las funciones fisiológicas, por lo que su aplicación permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes y representan una opción adecuada para enfrentar problemas de estrés abiótico por la salinidad.

El humato es considerado un bioestimulador vegetal y portador de nutrientes (Ca, Mg, Na, P₂O₅, K, N), aminoácidos libres, polisacáridos, carbohidratos, elementos inorgánicos sustancias humificadas, microorganismos benéficos, hormonas vegetales y humus solubles, cuya composición por fracciones químicas corresponden a un pH de 8.7, 53.4% de C, 4.85% de H, 35.6% de O, 3.05% de

N, 0.72% de S, una relación C/N de 18.4, 4.82 de ácidos húmicos y 7.17 de ácidos fúlvicos en una relación E_4/E_6 de su coeficiente óptico, (Reyes, 2016).

Los bioestimulantes del crecimiento vegetal son sustancias naturales para el tratamiento de los cultivos como activadores de las funciones fisiológicas, por lo que su aplicación permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes y representan una opción adecuada para enfrentar problemas de fertilidad de los suelos, (Reyes, *et al.*, 2015).

Los extractos orgánicos en la actualidad tienen gran aceptación por los productores agrícolas fundamentalmente por su costo y al éxito de sus aplicaciones en los cultivos, con el fin de obtener un compuesto orgánico mineral o humato como alternativa para eficientar los nutrientes de los cultivos, se recolectó un mineral fósil orgánico de una mina, en laboratorios se extrajeron las fracciones de ácido húmico (AH) y fúlvico (AF), (López, 2014).

De acuerdo a información actualizada de la Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes (AEFA) en el estudio de datos, los ácidos húmicos influyen positivamente en la fertilidad de un suelo favoreciendo la actividad microbiana y realizando diversas acciones en función del tipo de suelo donde los apliquemos. Destacar que esta acción sobre los microorganismos también actúa como un regenerador de suelos muy eficiente.

El Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI) asevera que las sustancias húmicas en el suelo contribuyen a mejorar la actividad microbiana del mismo (bacterias, hongos y actinomicetos), lo cual resulta en mejores condiciones para el establecimiento de las raíces y consecuentemente de la planta. Asimismo, incrementan la capacidad de retención de humedad, aumentan la capacidad de intercambio iónico, elevan la disponibilidad de micronutrientes por medio de la quelatación, contribuyen en la formación de la estructura granular, auxilian en la degradación o inactivación de sustancias tóxicas, mejora la capacidad amortiguadora del suelo en el pH en las sales, entre otros efectos. Las sustancias húmicas pueden ser absorbidas por las plantas y

semillas e intervenir en su metabolismo. Lo que favorece la germinación de las semillas, el crecimiento radical, la absorción nutrimental.

2.10. Trabajos relacionados con la nutrición completa

Tenorio (2019) quien trabajó con capacidades de extracción, sostuvo que las plántulas de cebollines obtuvieron una buena respuesta en el uso de una fórmula tipo vegetativa lo que contribuyó al peso de las hojas, presentando un aumento de peso y número de las hojas. De igual manera hace mención que las plantas tuvieron una respuesta similar en capacidades de extracción de 2,000 kg/ha/año con las de 250 kg/ha/año, lo que resulta en que no es necesario el gasto de fertilizantes de forma inmoderada al tener resultados de igual manera positivos con capacidades de extracción mínimas.

Pérez (2015) quien trabajó con capacidades de extracción con chile Habanero menciona que, el uso de dosis fertilizantes que mostraron los mejores resultados fueron dosis bajas de fertilización, siendo estas de 1000 a 2500 Kg*ha⁻¹*año⁻¹. Para frecuencia de aplicación los mejores resultados para cada una de las variables evaluadas fueron con frecuencias de aplicación de tres o cinco veces por semana.

De acuerdo a (Inzunza, *et al.*, 2010) quien trabajó con chile jalapeño bajo acolchado plástico utilizando extracción de nutrientes concluyó que este cultivo resultó significativamente más eficiente en la extracción total de N y K en los tratamientos de acolchados con plásticos de color negro, rojo y blanco. En cambio, para el caso del P, los valores de extracción de los tratamientos acolchados fueron 51% superiores y estadísticamente diferentes a los sin acolchar. El chile jalapeño presentó una extracción nutrimental significativamente superior con el nivel alto de riego de 82.8 cm con respecto al nivel bajo de 68.5 cm. El orden del incremento fue del 16, 18 y 14% de N, P y K respectivamente.

En el trabajo de (Salas, 2019) con capacidad de extracción de fertilizante en acelga, para una buena calidad y producción de la misma, además de tener un crecimiento de plantas se debe tomar en cuenta la aplicación de las dosis de

extracción de fertilizante de 2,000 Kg/Ha/año siendo así la mejor, tomando en cuenta entre las dos etapas del cultivo vegetativa y reproductiva. Cuando se utilizó la capacidad de extracción de fertilizantes con la dosis más baja de 250 Kg/Ha/año los resultados para cada una de estas variables no fueron positivas a mayor concentración de fertilizantes. A pesar de estos resultados las variables no presentan mucha diferencia entre las dosis de 2,000 y 250 Kg/Ha/año. Por lo que se puede utilizar dosis bajas, ya que se obtienen resultados similares (marginales), esto con el fin de tener un ahorro de fertilizantes, siendo favorable la economía del productor, además esto evita la contaminación de los suelos, una sobrefertilización tiene como consecuencia una disminución de calidad y rendimiento, debido probablemente a que esto provoca una condición de sales en el suelo, que influye de una manera negativa con la absorción de los nutrientes por el exceso de aplicación de fertilizantes.

III. Materiales y métodos

3.1 Ubicación del sitio experimental

El presente experimento se realizó desde el 8 de junio de 2020 al 3 de noviembre de 2020, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el área ubicada en la parte trasera del edificio “La Gloria”, en la Col. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. La UAAAN tiene las siguientes coordenadas 25° 21’09” latitud Norte 101°01’51” latitud Oeste, con una latitud de 1783 msnm.

3.2 Características del sitio experimental

El suelo presenta textura migajón arcillosa, materia orgánica con niveles bajos y posee el suelo una capa de carbonato de calcio. Se ha tomado una muestra de suelo que se ha extraído a una profundidad de 30 cm con una pala, el análisis del mismo fue físico y químico (análisis de fertilidad completo), que se muestra a continuación.

3.3. Semillas

Se utilizó semillas de Campanita de Irlanda de la marca Floresca, paquete de 25 g con un contenido de 1,000 semillas en forma de núculas, con un porcentaje de germinación de 75%, es una variedad de porte mediano a grande con un promedio de 80 cm a altura, de un color verde intenso.

3.4. Establecimiento del cultivo

Se hizo la preparación correspondiente del terreno destinado, se realizó de forma mecánica para acondicionar el suelo a modo de barbecho a una profundidad promedio de 30 cm sobre la superficie, para después continuar con el proceso de rastra del suelo con el objetivo de hacer manejable el suelo.

Cuadro 3.1. Análisis de fertilidad del área del experimento.

Determinación	Resultado
Textura	Franco-Arcilloso
Densidad	1.09 g/cm ³
pH	8.52
CE	1 dS/M
Carbonatos	59%
C.C.	25.50%
P.M.P.	15.20%
MO	4.03%

Determinación	Resultado
N	29.9 ppm
P	99.8 ppm
K	599 ppm
Ca	3718 ppm
Mg	309 ppm
S	1.54 ppm
B	0.97 ppm
Fe	1.98 ppm
Mn	1.14 ppm
Zn	6.37 ppm
Cu	1.26 ppm

Fuente: Tenorio, 2019.

Se hizo el surcado del terreno que consistió en elaborar surcos de 90 cm de ancho por 40 m de largo en promedio. Se usó un solo surco de 90 cm de ancho por 40 m de largo para la siembra del cultivo al cual se le redujo 10 cm de lomo con un azadón. Se colocó cintilla marca Toro ® con 16 mm de grosor calibre 5000, los emisores se encuentran cada 10 cm a lo largo del surco. El agua se suministró de una de una tubería principal de PVC de 1 ¼" que era abastecida por una toma de agua de ½".

3.5. Siembra

La siembra se llevó a cabo el día lunes 8 de junio de 2020 de manera directa al suelo, esta consistió en hacer un pequeño orificio de 1 cm de profundidad y depositar la semilla, a una distancia de 25 cm entre plantas, una semilla por orificio, en dirección lineal, la emergencia de las plántulas fue en el día domingo 13 de junio debido a las condiciones climáticas favorables para la germinación y emergencia de las semillas, se debe tomar en cuenta que fue en la temporada de lluvias, las cuales afectaron el crecimiento de las mismas por excesos de agua, originando pudrimientos apicales de tallo principal.

3.6. Riego

Al momento de sembrar lo conveniente fue que el suelo estuviera a capacidad de campo, esto se logró dejando la llave de la cintilla abierta por al menos 8 horas (aproximadamente), los riegos cuando la planta emergió fueron de 3 horas, por lo general se regó el surco del experimento los días lunes, miércoles y viernes. A partir de los 50 cm de altura de las plantas, se comenzó a regar aproximadamente 6 horas en los mismos días, se omitieron los riegos en días lloviosos.

3.7. Fertilización de presiembra

Con el objetivo de saturar la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), la fertilización de presiembra se llevó a cabo el día 8 de junio de 2020, de acuerdo con los objetivos del experimento solo se aplicó esta fertilización en 20 metros lineales, que correspondían a la mitad de la superficie que se manejó para el experimento. Los fertilizantes y la cantidad utilizados se muestran en el Cuadro 3.2. Este proceso se realizó mediante los cálculos que se hicieron previamente, el método que se empleó fue pesando cada fertilizante con la ayuda de una báscula digital marca Truper modelo 15161 con capacidad de 5 kg, después se mezclaron todos los fertilizantes hasta que quedara una fórmula homogénea. La fertilización de presiembra se hizo abriendo el surco a una profundidad de 15 cm, después se integró el fertilizante a chorrillo, procurando que la distribución de fertilizante fuera uniforme en la zona central del surco de forma uniforme.

Cuadro 3.2. Fertilizantes aplicados en fertilización de presiembra.

Fertilizantes	Cantidad de fertilizante/ 20 m
Urea	411.20 g
Ácido Bórico	24.2 g
Sulfato de Fe	313 g
Sulfato de Mn	112.6 g
Sulfato de Zn	30.4 g
Sulfato de Cu	42.4 g

3.8. Fertilización

Las aplicaciones de fertilizante junto con los humatos se realizaban cada viernes de cada semana, el riego del cultivo se realizaba en los días lunes, miércoles y viernes, de acuerdo a sus necesidades. La fertilización se inició una vez que se formaron las primeras hojas verdaderas del cultivo. La forma de aplicación fue en el riego, para distribuirlo a lo largo de cada una de las unidades experimentales, por cada unidad se maneó 1 L de agua, más el fertilizante correspondiente de cada tratamiento, por lo que se hicieron 6 diferentes soluciones madre de fertilizantes.

El cálculo de los fertilizantes fue elaborado con base en un previo análisis de suelo. (Ver cuadro 3.1)

Los cálculos de los fertilizantes que se utilizaron fueron en base a las necesidades que presentaba el cultivo, se hicieron tomando en cuenta una dosis baja de acuerdo a 250 Kg/Ha/año que se interpretaron en gramos, por cada uno de los resultados se determinó el factor de multiplicación para realizar el cálculo final presentado en gramos los cuales se diluyeron en 1 L de agua para obtener una solución madre, la aplicación fue en drench.

Al tener cada una de las soluciones madre, se midieron los cc (centímetros cúbicos) correspondientes a las capacidades de extracción de los fertilizantes, la aplicación se realizó midiendo en un litro de agua por cada medio metro de acuerdo a cada uno de las unidades experimentales.

Los fertilizantes antes de ser aforados a un L (litro) se pesaron con la misma balanza digital en función de los cálculos a razón de un total de fertilizante de 217

Cuadro 3.3. Cantidad de fertilizantes utilizados por cada litro de agua.

Fertilizantes	(g)/L de agua
Urea	94.8 g
Ácido Bórico	7.3 g
Sulfato de Fe	72.1 g
Sulfato de Mn	25.9 g
Sulfato de Zn	7.1 g
Sulfato de Cu	9.8 g

g que le corresponden a cada semana en un año por cada medio metro, del cual se realizó el porcentaje de participación con respecto de los fertilizantes (Ver cuadro 3.3). La forma en que se hizo fue extrayendo el volumen indicado con la ayuda de una probeta graduada con capacidad de 50 ml (mililitros) a cada solución madre de los fertilizantes de un litro de volumen cada una, las dosis de acuerdo a las capacidades de extracción. De igual forma para la extracción del volumen de humatos se usó la probeta graduada con la que se medía el fertilizante

3.9. Control de plagas y enfermedades

Se realizó una aplicación cada semana en los días miércoles con Cipermetrina producida por FMC líquido, a razón de 1 cc/L⁻¹ de agua para el control de insectos chupadores y raspadores, más el producto Promyl 50 PH en presentación de polvo humectable por cada litro de agua se usó 1 gramo de este producto para el control de hongos, esto se realizaba de manera preventiva asperjada en el combate de plagas y enfermedades, siempre se utilizaron 3.5 L de agua con estos productos en una mochila aspersora con capacidad para 15 L marca Swismex ®, cabe mencionar que se observó que la planta no fue invadida por plagas ni enfermedades durante el ciclo de cultivo. Como método preventivo se aplicó Promyl fungicida diluido en agua directamente, a razón de 1 gramo por litro

de agua, por cada metro lineal se utilizó un litro agua preparada con fungicida aplicada al suelo.

3.10. Descripción de tratamientos

Con la interacción de factores se obtuvieron los siguientes tratamientos utilizados en el experimento.

Cuadro 3.4. Descripción de tratamientos.

Tratamientos	Factores	Descripción
0	$A_0*B_0*C_0$	Sin fertilización de presembrado, sin dosis de fertilizante, sin humatos.
1	$A_0*B_0*C_1$	Sin fertilización de presembrado, sin dosis de fertilizante, con 0.1 cc de humatos/L de agua.
2	$A_0*B_0*C_2$	Sin fertilización de presembrado, sin dosis de fertilizante, con 0.25 cc de humatos/L de agua.
3	$A_0*B_1*C_0$	Sin fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $250 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, humatos.
4	$A_0*B_1*C_1$	Sin fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $250 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, con 0.1 cc de humatos/L de agua.
5	$A_0*B_1*C_2$	Sin fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $250 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, con 0.25 cc de humatos/L de agua.
6	$A_0*B_2*C_0$	Sin fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $500 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, sin humatos.
7	$A_0*B_2*C_1$	Sin fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $500 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, con 0.1 cc de humatos/L de agua.
8	$A_0*B_2*C_2$	Sin fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $500 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, con 0.25 cc de humatos/L de agua.
9	$A_0*B_3*C_0$	Sin fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $1000 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, sin humatos.
10	$A_0*B_3*C_1$	Sin fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $1000 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, con 0.1 cc de humatos/L de agua.
11	$A_0*B_3*C_2$	Sin fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $1000 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, con 0.25 cc de humatos/L de agua.
12	$A_0*B_4*C_0$	Sin fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $2000 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, sin humatos.
13	$A_0*B_4*C_1$	Sin fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $2000 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, 0.1 cc de humatos/L de agua.
14	$A_0*B_4*C_2$	Sin fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $2000 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, con 0.25 cc de humatos/L de agua.

15	$A_1*B_0*C_0$	Con fertilización de presembrado, sin dosis de fertilizante, sin humatos.
16	$A_1*B_0*C_1$	Con fertilización de presembrado, sin dosis de fertilizante, 0.1 cc de humatos/L de agua.
17	$A_1*B_0*C_2$	Con fertilización de presembrado, sin dosis de fertilizante, con 0.25 cc de humatos/L de agua.
18	$A_1*B_1*C_0$	Con fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $250 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, sin humatos.
19	$A_1*B_1*C_1$	Con fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $250 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, 0.1 cc de humatos/L de agua.
20	$A_1*B_1*C_2$	Con fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $250 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, con 0.25 cc de humatos/L de agua.
21	$A_1*B_2*C_0$	Con fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $500 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, sin humatos.
22	$A_1*B_2*C_1$	Con fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $500 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, con 0.1 cc de humatos/L de agua.
23	$A_1*B_2*C_2$	Con fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $500 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, con 0.25 cc de humatos/L de agua.
24	$A_1*B_3*C_0$	Con fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $1000 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, sin humatos.
25	$A_1*B_3*C_1$	Con fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $1000 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, 0.1 cc de humatos/L de agua.
26	$A_1*B_3*C_2$	Con fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $1000 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, con 0.25 cc de humatos/L de agua.
27	$A_1*B_4*C_0$	Con fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $2000 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, sin humatos.
28	$A_1*B_4*C_1$	Con fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $2000 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, con 0.1 cc de humatos/L de agua.
29	$A_1*B_4*C_2$	Con fertilización de presembrado, con una dosis de fertilización de $2000 \text{ Kg}^{-1}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}*\text{semana}^{-1}$, con 0.25 cc de humatos/L de agua.

3.11. Diseño del experimento

Es experimento fue establecido a campo abierto, con condiciones heterogéneas, dadas estas, fue conveniente utilizar un diseño de bloques al azar con arreglo factorial AXBXC ($2*5*3$), factor A (presembrado), factor B fertilización ($\text{Kg}*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}$) con 5 niveles y factor C (concentración de humatos), dando un total de 30 tratamientos, con tres repeticiones cada uno, en total el experimento tendrá

un total de 90 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo en un área de medio metro.

3.12. Modelo estadístico

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Valor correspondiente a la i-esima fertilización con presiembra y sin presiembra, j-esima capacidad de extracción de fertilizantes, k-esima dosis de humatos, l-esima repetición.

μ = Media general común de todos los tratamientos.

α_i = Respuesta de la i-esima media del factor A.

β_j = Respuesta de la j-esima media del factor B.

γ_k = Respuesta de la k-esima media del factor C.

$\alpha\beta_{ij}$ = Respuesta de la interacción de la i-esima del factor A en combinación con la j-esima del factor B.

$\alpha\gamma_{ik}$ = Respuesta de la interacción de la i-esima del factor A en combinación con la k-esima del factor C.

$\beta\gamma_{jk}$ = Respuesta de la interacción de la j-esima del factor B en combinación con la k-esima del factor C.

$\alpha\beta\gamma_{ijk}$ = Respuesta de la interacción de la i-esima del factor A, j-esima del factor B y la k-esima del factor C.

E_{ijkl} = Error experimental de la i-esima con presiembra y sin presiembra, j-esima capacidad de extracción de fertilizantes, k-esima dosis de humatos y l-esima repetición.

3.13. Descripción de factores

En este experimento se utilizaron los factores A B C, en el cual el factor A corresponde a la fertilización de presiembra (con presiembra y sin presiembra), el factor B es de la Capacidad de extracción de fertilizantes ($\text{Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$) y el factor C humatos ($\text{cc} \cdot \text{L}^{-1}$), a continuación, se describe cada uno de estos.

Factor A (presiembra)

A₁= sin presiembra

A₂= con presiembra

Factor B (capacidad de extracción de fertilizante $\text{Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$)

B₀= 0 $\text{Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$

B₁= 250 $\text{Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$

B₂= 500 $\text{Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$

B₃= 1000 $\text{Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$

B₄= 2000 $\text{Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$

Factor C (Humato)

C₀= 0 $\text{cc} \cdot \text{L}^{-1}$

C₁= 0.1 $\text{cc} \cdot \text{L}^{-1}$

C₂= 0.25 $\text{cc} \cdot \text{L}^{-1}$

3.14. Variables evaluadas y su medición

Para la presente investigación se elaboraron 5 variables consideradas las más importantes para determinar la influencia de los tratamientos en el cultivo, para las variables diámetro de tallo, longitud de tallo y nudos con flor, se tomaron en cuenta 5 tallos, para las variables de flores por nudo se tomaron en cuenta 5 nudos por tallo y diámetro de cáliz se tomaron en cuenta 5 cáliz por cada tallo.

Para la medición de sales del suelo se hizo cada toma con la ayuda de un TDS & EC modelo Meter.

Diámetro de tallo. Se eligieron 5 tallos de una planta por cada unidad experimental, se tomó de la parte inferior de los mismo para hacer la medición con un vernier a modo que se ajuste y no apriete el tallo. La unidad de medida es en cm.

Longitud del tallo. Se tomó desde la parte inferior hasta la parte superior del tallo con la ayuda de un flexómetro, 5 tallos por tratamiento. La unidad de medición fue en cm.

Nudos con flor. Se realizó desde la parte inferior del tallo hasta la parte superior haciendo un conteo de los nudos de forma manual. El modo en que se registró fue anotando el número total de nudos.

Flores por nudo. El conteo de las flores se realizó eligiendo la parte central del tallo, se eligieron 5 nudos para su medición. El método de conteo fue manual, se iba anotando el número total de flores por cada nudo.

Diámetro de cáliz. Se utilizó un vernier para la toma de datos del cáliz, se tomaron 5 cáliz de buen porte por cada tallo, se midió de manera ecuatorial procurando no aplastar el cáliz, se registró la medida en cm.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información que ha sido obtenida fue analizada estadísticamente en el programa SAS, versión 9.1 se reportan y discuten los resultados obtenidos, para su mejor comprensión para cada variable por separado. En el cuadro 4.1 se reportan los niveles de significancia para cada una de las variables evaluadas.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables diámetro de tallo, longitud del tallo, número de cáliz por flor, flores por nudo, diámetro de cáliz.

FV	GL	DT	LT	NCF	FN	DC
REP	2	0.1*	803.540**	9.36*	0.505 **	0.067 *
A	1	0.417**	1419.370**	81.415**	1.775 **	0.198 **
B	4	0.081**	7.154 NS	3.423 NS	0.083 NS	0.017 NS
C	2	0.118**	150.808 NS	8.404 NS	0.179 NS	0.008 NS
A*B	4	0.035 NS	246.879 **	27.94**	0.332*	0.033 NS
A*C	2	0.025 NS	41.896 NS	6.323 NS	0.229 NS	0.015 NS
B*C	8	0.034 NS	173.583**	14.1 **	0.233 NS	0.18 NS
A*B*C	8	0.06 *	106.569 NS	11.325**	0.118 NS	0.024 NS
Error	58	0.024	59.357	2.9	0.115	0.016
C.V (%)		13.69	10.785	13.073	4.473	6.252

*= significativo, ** =altamente significativo, NS= no significativo; FV = fuentes de variación, GL = grados de libertad, DT = diámetro de tallo, LT = longitud de tallo, NCF = número de cáliz por flor, FN = flores por nudo, DC = diámetro de cáliz.

4.1. Diámetro de tallo (DT).

Es una variable de importancia, debido a que está relacionada directamente con el vigor y calidad de las varas de Campanita de Irlanda, se prefieren varas con mayor diámetro, sobre aquellas que son delgadas, también es importante esta variable durante la cosecha y postcosecha de las varas, es más práctico y

sencillo, cosechar y manejar varas vigorosas, sobre aquellas que no lo son, además de que también son preferidas las varas gruesas por los floristas, por su fácil empleo en la manufactura de los arreglos florales, en general los tallos de mayor diámetro serán los de mejor calidad.

Al analizar los resultados, se encontró una respuesta estadística significativa para el factor A (presiembrado), lo que indica la diferencia entre aplicar y no aplicar la fertilización de presiembrado, cuando se lleva a cabo esta, se obtienen en promedio diámetros de vara de 1.208 cm y de 1.072 cm cuando no se realiza esta práctica, cuando se ejecuta este procedimiento, permite un incremento de 11.57% en el diámetro del tallo. (Ver figura 4.1)

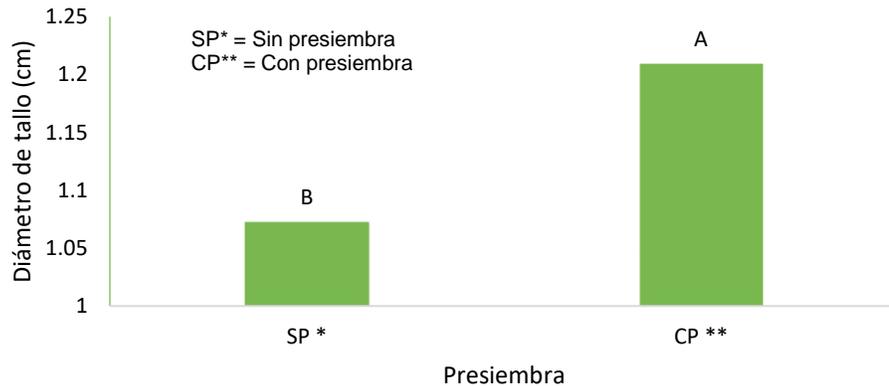


Figura 4.1. Influencia de la fertilización de presiembrado en la variable diámetro de tallo (DT) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

Es posible que la respuesta favorable de la fertilización de presiembrado influya en el crecimiento del diámetro de tallo de la Campanita de Irlanda, al favorecer la disponibilidad de elementos nutritivos en el suelo necesarios y de fácil absorción para el crecimiento de la especie.

Para el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes $\text{Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$), se encontró una diferencia estadística altamente significativa, al no manejar capacidades de extracción de fertilizantes ($0 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$), se obtuvo un promedio de 1.21 cm en el diámetro de tallo, resultado superior al resto de niveles por capacidades de extracción de fertilizantes. Con la finalidad de dimensionar la respuesta entre los diferentes niveles de capacidad de extracción de fertilizantes por las plantas, se hizo una comparación porcentual, encontrando que cuando

no se aplica fertilizantes en el proceso de cultivo, supera ligeramente en un 0.16% al nivel en donde se aplicó una capacidad máxima de extracción de fertilizantes que fue de 2,000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹. Los niveles de capacidades de extracción de los fertilizantes de 250, 500 y 1,000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹ tuvieron menores resultados en esta variable que donde no se aplicaron fertilizantes, en un porcentaje de 8.26%, 9.92% y 10.74% respectivamente.

Es probable que los resultados favorables obtenidos cuando no se lleva a cabo la capacidad de extracción de fertilizantes, hayan sido a que el suelo mantenía un adecuado nivel de fertilidad. Sin embargo, no es conveniente manejar el criterio de no adicionar fertilizantes, ya que, el ciclo posterior se iniciaría con un bajo nivel de fertilidad en el suelo, producto de la extracción de los nutrientes minerales hecha durante el ciclo de cultivo, por lo anterior, sería conveniente adicionar fertilizantes, aunque sea en la capacidad de extracción de fertilizante mínima con la finalidad de conservar el nivel de fertilidad en el suelo para cultivos posteriores. (Ver figura 4.2)

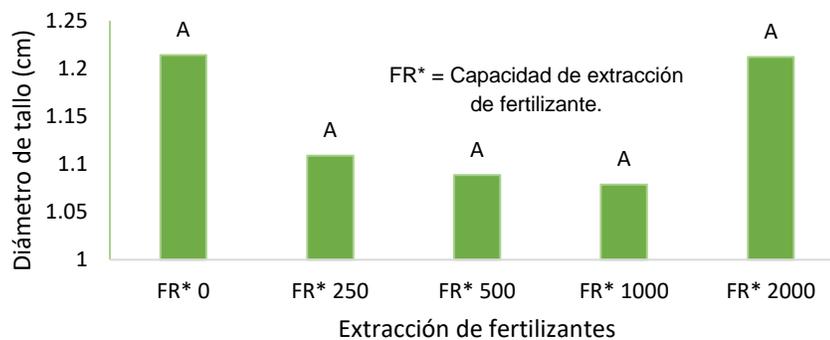


Figura 4.2. Influencia de las capacidades de extracción para la variable diámetro de tallo (DT) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

Este resultado también tiene un impacto positivo en la conservación de suelos al hacer un uso racional de los fertilizantes, por otro lado, se reduce la contaminación de los mantos freáticos. Al no utilizar fertilizantes en esta especie se puede citar que es un cultivo redituable para los productores. Esto coincide con las conclusiones que se encuentran en algunas literaturas en el Blog Garden, en donde menciona que la Campanita de Irlanda no requiere de ningún tipo de abono especial, tan solo les basta uno que sea para jardín. Al estar cultivadas en

macetas, si el sustrato es el idóneo tampoco precisan de cuidados especiales con respecto al fertilizantes. Por otro lado, scribd.com menciona que, la Campanita de Irlanda requiere una fertilización promedio, ya que el exceso de Nitrógeno puede ocasionar un sobrecalentamiento de las plantas. Acerca de esta especie Wicky (2015) menciona que es un cultivo en donde no se requiere elevados niveles de fertilización, por el contrario, niveles elevados de Nitrógeno pueden provocar un crecimiento excesivo de las plantas y disminuir la calidad de postcosecha de las varas cortadas.

Al analizar los resultados para el factor C (humatos) se obtuvo una diferencia estadística altamente significativa, en donde los mejores resultados se obtuvieron con las dosis de 0.25 cc/L^{-1} con un diámetro promedio de 1.19 cm, seguido de aplicar 0.1 cc/L^{-1} en el que se obtuvo un promedio de 1.16 cm, siendo este superado en un 2.52%; cuando no se hizo un manejo de los humatos para esta variable se obtuvo una diferencia porcentual de 10.08% con respecto de la dosis de 0.25 cc/L^{-1} . (Ver figura 4.3)

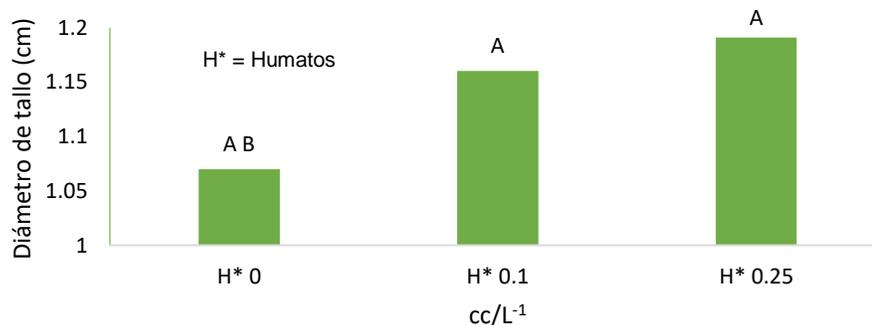


Figura 4.3. Influencia de los humatos para la variable diámetro de tallo (DT) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

De acuerdo a los resultados obtenidos para este factor, se deduce que el diámetro de tallo tiene un mayor crecimiento con las dosis de 0.25 cc/L^{-1} , es posible que las dosis altas hayan influido en el mayor crecimiento del tallo gracias a que la planta pudo absorber los nutrientes necesarios para que se lleve a cabo el ciclo del cultivo, al haber una dosis mayor probablemente se haya acondicionado el suelo mejorando las características físico-químicas. Gonzáles (2005) en su trabajo con el crecimiento de chile menciona que, las sustancias húmicas producen efectos positivos en el crecimiento de chile, solo que es

necesario mezclarlas con elementos esenciales para las plantas. En el trabajo de Reyes, *et al.* (2017) con ácidos húmicos aplicados a la concentración de 10 mg/L favorecieron el desarrollo de las plantas de zanahoria para las variables morfológicas longitud de raíz, biomasa fresca de la raíz, número de hojas, largo de las hojas, biomasa fresca de las hojas y diámetro superior, lo que se atribuyó al contenido de sus elementos nutritivos y su efecto bioestimulante.

Para la interacción A X B (presiembrado x capacidad de extracción de fertilizantes), no se obtuvo una respuesta estadística significativa, lo que indica un comportamiento independiente entre factores, donde la respuesta de ambos no guarda una relación directa.

En la interacción A X C (presiembrado x humatos), no se obtuvo una respuesta estadística significativa, lo que indica un comportamiento independiente entre factores, donde en la respuesta de ambos no guarda una relación directa.

En la interacción B X C (capacidad de extracción de fertilizantes x humatos), no se obtuvo una respuesta estadística significativa, lo que indica un comportamiento independiente entre factores, donde en la respuesta de ambos no guarda una relación directa.

Al analizar la triple interacción de factores A X B X C se obtuvo una diferencia estadística significativa, lo que indica, que los tres factores son dependientes y guardan una relación entre ellos, con respecto a los resultados obtenidos en esta variable. El comportamiento de los diferentes niveles se puede observar en la figura 4.4, en donde la respuesta favorable para esta triple interacción, se registró cuando se llevó a cabo una fertilización de presiembrado (CP), una dosis de humatos de 0.25 cc/L⁻¹ y sin la aplicación suplementaria de fertilizantes, obteniendo una media de 1.39 cm de diámetro de tallo, se registró que en función del aumento de capacidades de extracción de fertilizantes en este nivel, disminuía el diámetro de tallo, esto ocurría notoriamente cuando se utilizaban las capacidades de extracción de 1,000 y 2,000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹, es probable que esto ocurra a causa de que se trata de una especie rústica y que en consecuencia con

la sola fertilización de presiembra (CP) cumpla con las necesidades de esta especie, lo que hace posible obtener valores favorables para esta variable. Haciendo una comparación porcentual se tiene que existe una diferencia muy alta de 43.17% con respecto al valor más bajo, que fue en donde no se manejó una fertilización de presiembra (SP), una capacidad de extracción de fertilizantes $500 \text{ Kg}^*\text{Ha}^{-1}*\text{año}^{-1}$ y una dosis de humatos de 0.25 cc/L^{-1} , es posible que la fertilización de presiembra influya en el aumento de la fertilidad del suelo lo que hace posible que haya una respuesta favorable para esta variable.

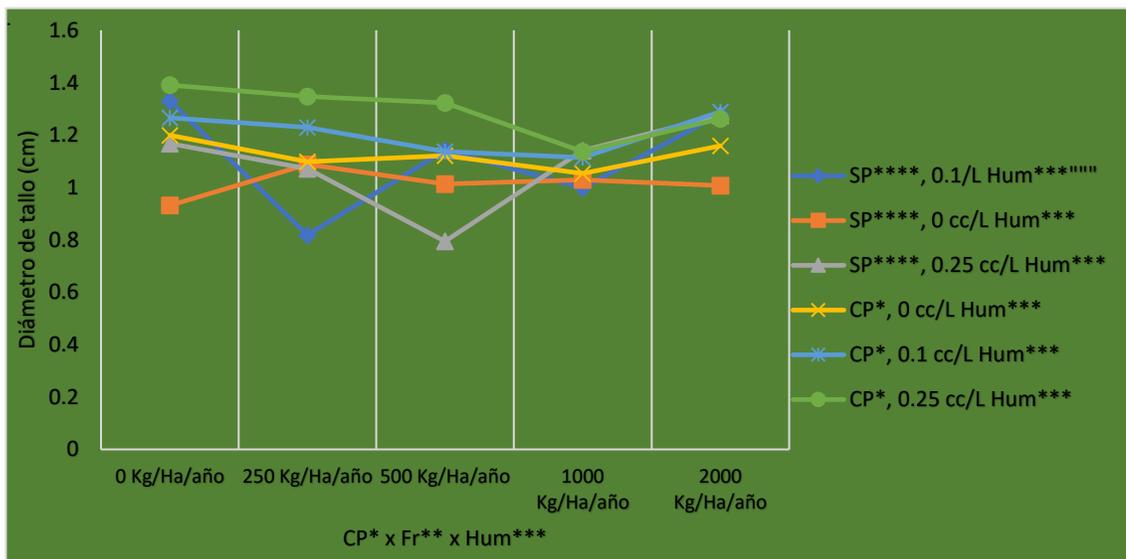


Figura 4.4. Influencia de la triple interacción de factores A x B x C (presiembra x capacidad de extracción de fertilizantes X humatos) en la variable diámetro de tallo (DT). CP* = Con presiembra*, FR** = Capacidad de extracción de fertilizantes **, Hum*** = Humatos ***, SP**** = Sin presiembra****

En general, para el diámetro de cáliz se registraron los mejores resultados cuando se llevó a cabo una fertilización de presiembra (CP), sin el uso de una capacidad de extracción de fertilizantes y una dosis de humatos de 0.25 cc/L^{-1} , a partir de estos se obtiene una respuesta favorable en el crecimiento del diámetro de tallo de la Campanita de Irlanda.

4.2. Longitud de tallo (LT)

Es una variable de importancia debido a que está relacionada directamente con la calidad y vigor de la vara de Campanita de Irlanda, al tener una vara larga, es

posible crear arreglos florales de mayor porte, esto debido a que puede complementar la función de follaje en los floreros o arreglos florales, al tener una buena longitud tiende a abarcar la altura esperada en estos, pues se puede acomodar en la parte trasera, de acuerdo a lo anterior la vara tiene que sobresalir en cualquier arreglo floral y florero, es por eso que los floristas prefieren varas largas que cortas.

Al analizar los resultados, se encontró una respuesta estadística altamente significativa para el factor A (presiembr), lo que indica una diferencia en el cultivo entre aplicar la fertilización de presiembr o de no realizarse, cuando no se manejó la fertilización de presiembr, se produjeron varas con una longitud media de 67.5 cm, mientras que cuando se adicionaron los fertilizantes de presiembr, se generaron varas con una longitud media de 75.4 cm, el uso de la fertilización de presiembr permitió la producción de varas 10.54% más largas, que cuando no se agregaron los fertilizantes de presiembr. Se obtuvieron dos niveles de significancia en el nivel "A", se ubican donde se aplicaron los fertilizantes de presiembr y en el nivel "B" donde no se llevó a cabo esta práctica. (Ver figura 4.5)

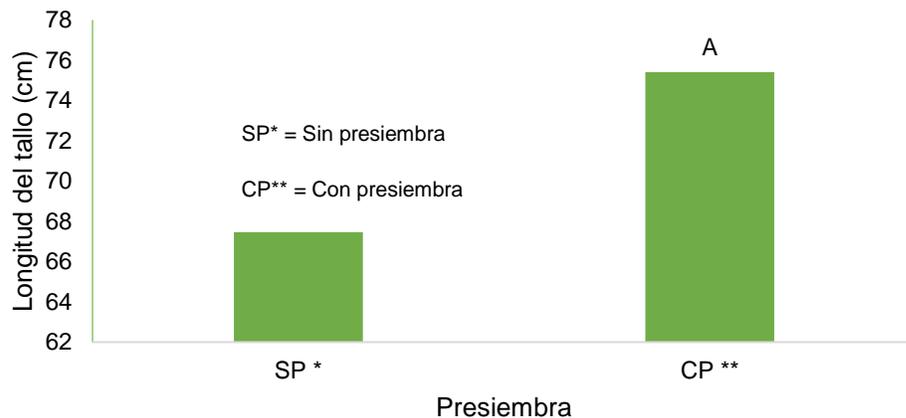


Figura 4.5. Influencia de la fertilización de presiembr en la variable longitud de tallo (LT) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

Es probable que la influencia positiva de la fertilización de presiembra para esta variable, se deba a que posiblemente se hayan complementado los elementos nutritivos minerales que se encontraban en una condición de deficiencia, de acuerdo a los resultados del análisis de suelo realizado, estos fueron llevados a un nivel adecuado de fertilidad y con la adición de los fertilizantes de presiembra, se aportaron los nutrientes necesarios, lo que permitió la producción de vara con calidad.

Para el factor B (Capacidad de extracción $\text{Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$), no se encontró una diferencia estadística significativa. El mejor resultado se registró cuando no se adicionaron fertilizantes suplementarios, e incluso, supera ligeramente en un 2.06% a el nivel donde se manejó la capacidad de extracción máxima empleada que fue la de $2,000 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, a medida que se incrementó la capacidad de extracción de fertilizantes, se registran menores longitudes en las varas de Campanita de Irlanda producidas, como se puede observar en la figura 4.6, en donde se reporta un solo nivel de significancia estadística, debido a que las variaciones mínimas entre los diferentes niveles de capacidad de extracción fueron marginales de tan solo 1.48 cm, entre la mayor y la menor longitud registrada. Es importante comentar, que la calidad obtenida en las varas producidas con capacidades de extracción de fertilizantes bajas, reúnen los niveles de calidad demandados por el mercado, a medida que se incrementa la capacidad de extracción de fertilizantes, se registra un menor crecimiento en la longitud de las varas de la Campanita de Irlanda, es probable que esto se deba a que es una especie rustica, poco demandante de elementos nutritivos, esto, no concuerda con lo mencionado por Tenorio (2019), quien trabajó con diferentes capacidades de extracción de fertilizantes en la producción de cebollines y menciona que se obtuvieron los mejores resultados al manejar una capacidad de extracción de fertilizantes de $2,000 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, sin embargo, es importante mencionar que se trata de especies diferentes, lo mismo que, Salas (2019) quien trabajando con capacidad de extracción de fertilizantes en la producción de acelga, menciona, que se obtiene una buena calidad y producción de acelga,

cuando se manejó una capacidad de extracción de fertilizante de 2,000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹. (Ver figura 4.6)

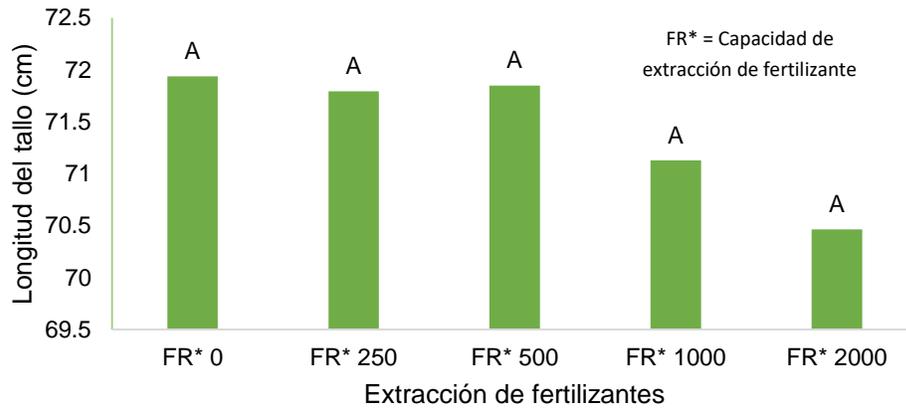


Figura 4.6. Influencia de las capacidades de extracción en la variable longitud de tallo (LT) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

Por lo tanto, a mayores capacidades de extracción de fertilizantes es posible hacer notar, las menores longitudes que se obtienen en los tallos, ocasionando con esto una menor calidad en la vara, lo que no es atractivo para su comercialización. Sin embargo, los resultados indican que por ser una especie que para producir requiere una aplicación baja de fertilizantes, la hace una especie susceptible de ser manejada por productores de bajos ingresos, con altas posibilidades de generar beneficios económicos.

Al analizar el factor C (Humatos) no se encontró una respuesta estadística significativa, lo que en principio indica que la aplicación de humatos en cantidades mínimas, los resultados sean similares a aquellos en donde se aplicaron dosis altas de estos. La dosis mínima manejada que fue la de 0.1 cc/L⁻¹, supera al testigo en un 5.91% y a la dosis máxima manejada que fue la de 0.25 cc/L⁻¹ en un 4.14% (Ver figura 4.7), lo anterior concuerda a lo citado por Reyes *et al.* (2015) quienes trabajando con humatos obtenidos de vermicomposta y aplicados en plántulas de tomate, mencionan, que el uso de humatos de vermicomposta favorecieron los resultados en las variables morfométricas, como lo son la altura de planta, longitud de radícula, biomasa fresca y seca de la raíz, y permitieron la producción de plántulas vigorosas y de mejor calidad, reduciendo el tiempo en semillero hasta en 6 días. Escalante (2013) quien trabajó con el uso de humatos

y fulvatos de magnesio en la calidad de plántula de higuera, menciona que, los humatos favorecieron resultados favorables en las variables peso fresco y seco de la hoja, peso seco del tallo y los niveles de elementos minerales medidos en las hojas de la plántula de higuera.

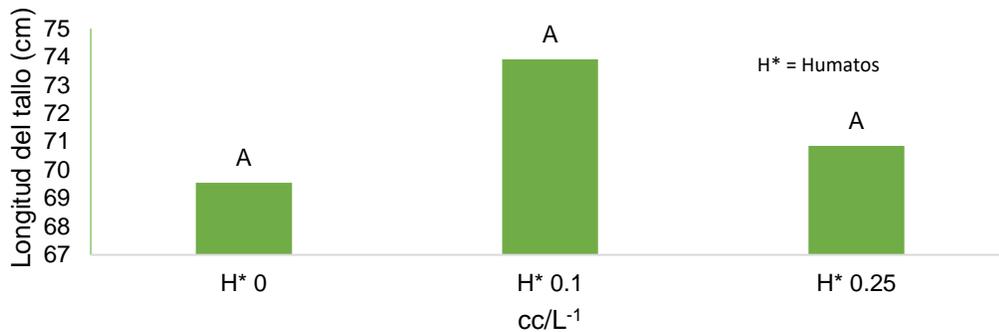


Figura 4.7. Influencia de los Humatos en la variable longitud de tallo (LT) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

Es probable que los resultados favorables para este factor se deban a que en principio se trata de una especie rústica y que la función de quelatación que es propia de los humatos, se logre a dosis bajas, más que a dosis altas y en consecuencia favorezca la obtención de mejores resultados. Es importante comentar que, considerando el bajo costo de los humatos, estos no incrementan de manera significativa los costos de producción y favorecen un mejor aprovechamiento de los fertilizantes sin afectar, las características físico-químicas del suelo.

Para la interacción A X B se obtuvo una diferencia estadística altamente significativa, lo que indica, que ambos factores son dependientes y guardan una relación entre ellos, con respecto a los resultados obtenidos en esta variable. El comportamiento de estas (ver figura 4.9), indica que cuando no se aplicó la fertilización de presembrado, la respuesta está determinada por la capacidad de extracción de los fertilizantes, la respuesta se favorece a medida en que se aumentan los niveles en la capacidad de extracción hasta una capacidad de extracción de 1,000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹, ya que los resultados obtenidos entre la capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año y el de 2,000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹ son muy semejantes; mientras que, cuando se maneja la fertilización de presembrado el incremento de los valores en la capacidad de extracción, se afecta de manera

negativa la respuesta en esta variable, a medida en que se incrementa la capacidad de extracción de fertilizantes, se obtienen valores menores en esta variable, por lo que, el incremento en la capacidad de extracción afecta de manera directa a la longitud del tallo. Con base en la combinación de factores, es posible citar como mejores resultados cuando no se aplica la fertilización de presembrado y se maneja una capacidad de extracción de $1,000 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, con valores de 71.45 cm y cuando se aplica la fertilización de presembrado los resultados favorables se ubican en una capacidad de extracción de $250 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ con valores de 79.6 cm y se empiezan a afectar a medida en que se incrementa la capacidad de extracción, debido probablemente al incremento en los niveles de salinidad que se provocan en el suelo, que se incrementan a medida en que se aumenta el nivel de capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año y se rebasa en consecuencia la capacidad de extracción por las plantas, afectando de manera negativa los niveles de salinidad en el suelo, con el efecto desfavorable en los resultados obtenidos en esta variable (ver figura 4.8). Haciendo una comparación porcentual contra el resultado de menor longitud de tallo, se tiene una marcada diferencia de 19.61%, con respecto al tratamiento que presenta los resultados más bajos, que corresponden a la combinación en donde no se utilizó la fertilización de presembrado (SP) además de una capacidad de extracción de fertilizantes de $250 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ en el cual se registró una media de 63.99 cm.

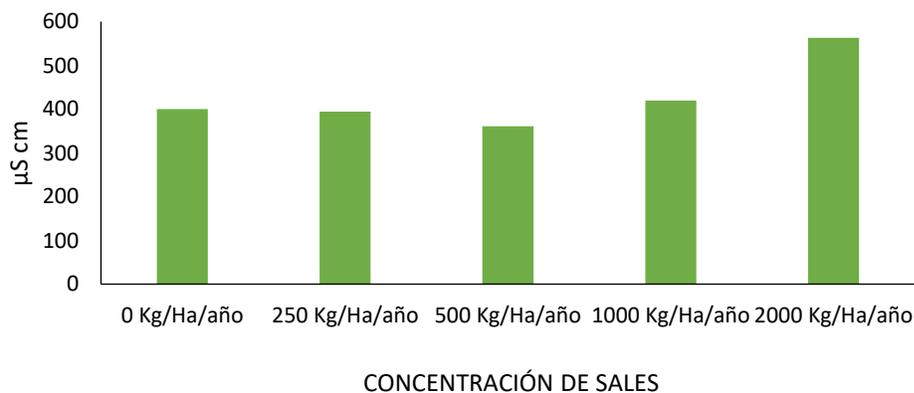
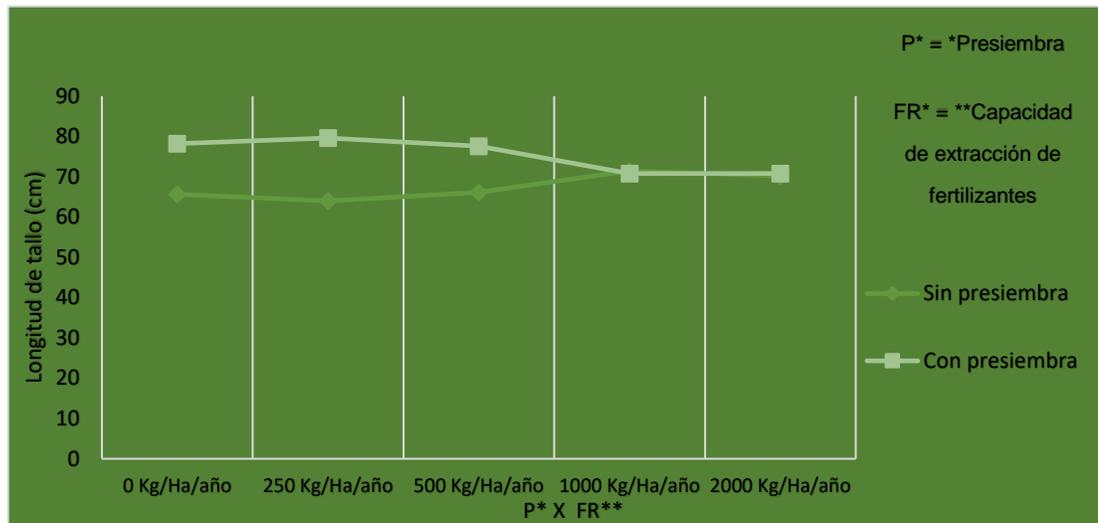


Figura 4.8. Concentración de sales por cada capacidad de extracción de fertilizantes.

Estos resultados tienen un impacto positivo en la economía del productor, ya que es posible producir varas de buena calidad, solo con el manejo de la fertilización de presiembra y capacidades de extracción bajas que permitan conservar los niveles de fertilidad en el suelo, contra el no empleo de la fertilización de presiembra y el uso de una capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año, que resulta más costoso, afectando la economía del productor.



Cuadro 4.9. Interacción de los factores presiembra X capacidad de extracción de fertilizantes (A X B).

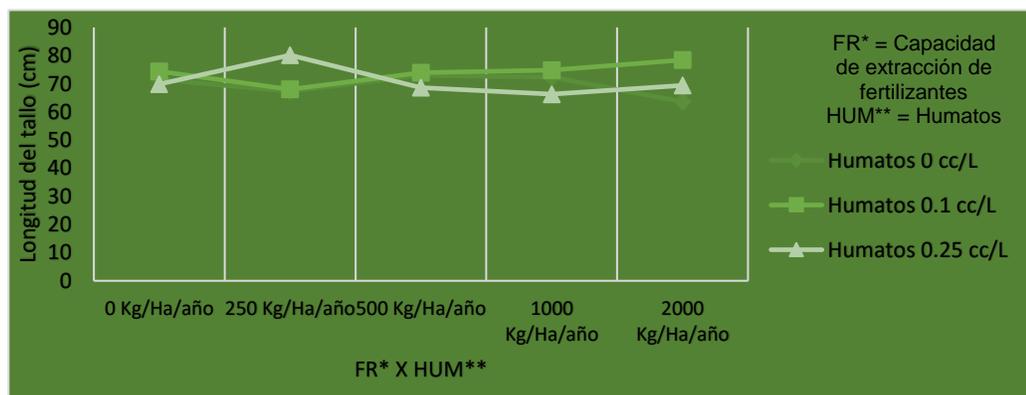
Para la interacción A X C (Presiembra X humatos), no se obtuvo una respuesta estadística significativa, lo que indica un comportamiento independiente entre factores, donde en la respuesta de ambos no guarda una relación directa.

Al analizar la interacción B X C se obtuvo una diferencia estadística altamente significativa, lo que indica, que ambos factores son dependientes y guardan una relación entre ellos, con respecto a los resultados obtenidos en esta variable. El comportamiento de las diferentes interacciones (ver figura 4.10), indica que cuando no se adicionan humatos (0 cc/L⁻¹), la respuesta en esta interacción se determina por la capacidad de extracción de fertilizantes, la respuesta se ve favorecida en función del aumento de las capacidades de extracción de fertilizantes hasta una capacidad de extracción de 500 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹, ya que a partir de ésta, las capacidades de extracción de fertilizantes altas tienen un efecto

desfavorable para esta variable. Al emplear las dosis bajas de humatos (0.1 cc/L^{-1}) con respecto a la capacidad de extracción de fertilizantes, las diferencias son favorables y pequeñas, conforme se incrementa la capacidad de extracción, lo que no sucede con la dosis de humatos de 0.25 cc/L^{-1} en donde la respuesta va siendo menor conforme se incrementa la capacidad de extracción de los fertilizantes

Es de hacer notar, que con el uso de humatos a una dosis de 0.25 cc/L^{-1} más una capacidad de extracción de fertilizantes de $250 \text{ Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$, es posible tener una buena calidad en la vara de Campanita de Irlanda, con las consecuencias favorables en el mercado, habiendo una diferencia porcentual muy alta de 20.65% respecto a la interacción donde no se utilizaron dosis de humatos y una capacidad de extracción de fertilizante de $2,000 \text{ Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$. Esta combinación favorece al productor, porque le permite producir calidad a precios bajos, por otro lado, se reduce el impacto negativo en el ambiente con el uso de bajas cantidades en los fertilizantes aplicados, esto representa un doble beneficio, tanto económico como ecológico.

La triple interacción de factores A X B X C, no se obtuvo una respuesta estadística significativa, lo que indica un comportamiento independiente entre factores, donde en la respuesta de los tres factores no guarda una relación directa.



4.10. Interacción de los factores capacidad de extracción de fertilizantes X dosis de humatos (B X C).

En general la LT registra los mejores resultados cuando se realiza una fertilización de presembrado de acuerdo al análisis de suelo (CP) y capacidades de

extracción bajas de fertilizantes ($250 \text{ Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$) y con el uso de humatos puede ser tanto en dosis de 0.25 cc/L^{-1} , con estos se obtiene una respuesta favorable en el crecimiento de la longitud de tallo de Campanita de Irlanda.

4.3. Nudos con flor (NcF).

Es una variable de importancia, esto debido a que está relacionada con la calidad de la vara de Campanita de Irlanda, las que tienen un mayor número de nudos distribuidos a lo largo del tallo representan un buen porte de la misma, al tener mejor presentación de la vara se adquiere un producto en buenas condiciones para su manufactura en los arreglos florales o floreros, en el mercado son preferibles las varas que tengan nudos bien formados a lo largo de estas, que aquellas que tienen un menor número en la vara. Tanto para el uso en forma deshidratada, así como en la condición de vara fresca, los nudos juegan un papel importante en apariencia de los productos donde se utiliza las varas de Campanita de Irlanda.

Al analizar los resultados, se obtuvo una respuesta estadística altamente significativa para el factor A (presiembrado), lo que indica una diferencia entre llevar a cabo y de no hacer la fertilización de presiembrado, cuando hace un manejo de la fertilización de presiembrado (CP), se obtienen en promedio nudos con flor por vara de 12.1 nudos, cuando no se lleva a cabo la fertilización de presiembrado (SP) y 14 nudos cuando si se emplea, en el uso de fertilización de presiembrado, permite un aumento de 13.60% en la formación de nudos en el tallo. (Ver figura 4.11)

Para el factor B (capacidad de extracción $\text{Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$), no se obtuvo una diferencia estadística significativa. El mejor resultado se registró cuando no se llevó a cabo una capacidad de extracción de fertilizantes, se reportó un promedio de nudos con flor por vara de 13.7, existe una ligera diferencia porcentual de 4.18% respecto a capacidad de extracción de fertilizantes de $2000 \text{ Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$. (Ver figura 4.12)

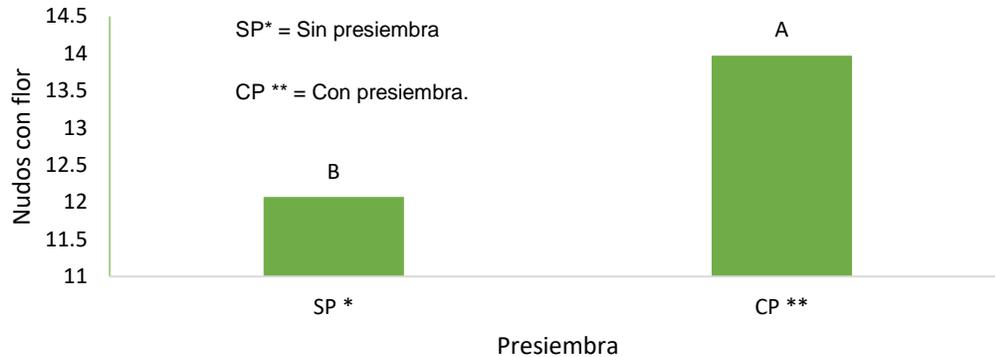


Figura 4.11. Influencia de la fertilización de presiembra en la variable nudos con flor (NcF) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

Es probable que esto se deba a que es una especie rústica poco exigente de fertilizantes, por lo tanto, el aporte de cantidades mayores de fertilizantes tiende a afectar el desarrollo de la Campanita de Irlanda. Guerrero (2018) quien trabajó con calabacita, menciona que las plantas solo toman el fertilizante necesario para lograr un buen crecimiento y producción de frutos, por lo tanto, para la producción de calabacita es suficiente la aplicación de $500 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ para lograr buenos resultados, lo que indica que un buen resultado se puede dar con capacidades medias a bajas de fertilizante, por otro lado, Sibaja (2019) quien trabajó con calabacita zucchini menciona que la capacidad de extracción de fertilizantes que resultó ser más favorable y que a su vez influyó de manera satisfactoria sobre el resultado como mejor rendimiento fue la aplicación de 250 Kg de fertilizante/Ha/año cuando esta se formuló con una influencia reproductiva, además de que su uso es más económico, y en consecuencia no impacta en la cantidad de producción. (Ver figura 4.12)

Al analizar el factor C (humatos) no se encontró una respuesta estadística significativa. De acuerdo a los resultados obtenidos en este factor, se obtuvo una respuesta favorable cuando se manejó una dosis de humatos de 0.1 cc/L^{-1} registrándose una media de 13.63 nudos. De acuerdo al nivel de significancia (ver cuadro 4.1) la aplicación de humatos en cantidades mínimas (0.1 cc/L^{-1}), serán similares que cuando se aplican estas en cantidades mayores (0.25 cc/L^{-1}),

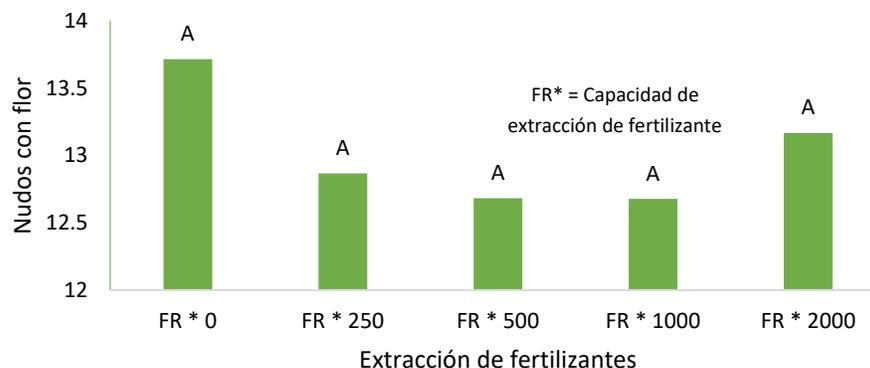


Figura 4.12. Influencia de las capacidades de extracción en la variable nudos con flor (NcF) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

habiendo una ligera diferencia porcentual de 6.75%. En relación al uso de dosis altas de humatos, Sibaja (2019) quien trabajó con calabacita zucchini menciona que en las dosis de humatos, cuando se aplicó una dosis de 0.25 cc/L^{-1} (extraídos de leonardita), ayudó a incrementar de manera positiva el rendimiento final de la calabacita “Gray Zucchini”, en contraparte, Bautista (2002) quien trabajó con crisantemo usando K-Tionic (enmienda orgánica húmica líquida) menciona que con el uso de este producto, aplicado de forma foliar y manejado una dosis baja de 1.0 cc/L^{-1} , se obtuvieron los mejores resultados, para las variables longitud de vara, diámetro de vara y área foliar por hoja, y para el número de hojas, también, Reyes *et al.* (2017) quien trabajó con la aplicación de humatos en zanahoria menciona que los ácidos húmicos aplicados a la concentración de 10 mg/L favorecieron el desarrollo de las plantas de zanahoria para las variables morfométricas longitud de la raíz, biomasa fresca de la raíz, número de hojas, largo de hojas y diámetro superior, lo que atribuyó al contenido de sus elementos nutritivos. (Ver figura 4.13)

Es probable que esto se deba a que se trata de una especie rustica y en consecuencia capaz de obtener resultados satisfactorios al hacer un manejo con las bajas dosis de ácidos húmicos, más que con el uso de las dosis altas de humatos y lo que promueve la obtención de efectos favorables para esta variable.

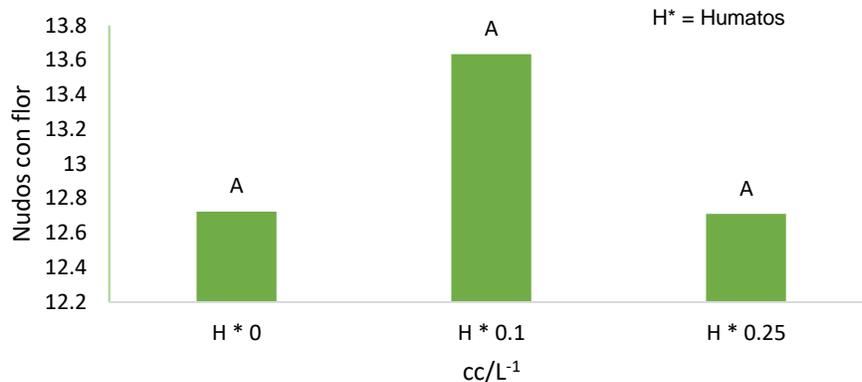


Figura 4.13. Influencia de los humatos en el desarrollo de la variable nudos con flor (NcF) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

Para la interacción A X B se obtuvo una diferencia estadística altamente significativa, por lo que los factores se consideran dependientes y guardan una relación entre ellos, que pueden llegar a tener algún efecto para esta variable. El comportamiento de estas (ver figura 4.14), donde se observa que cuando no se hizo un manejo de la fertilización de presembrado (SP) la respuesta en este nivel fue determinado por la capacidad de extracción de fertilizantes, en donde la respuesta es positiva en función del aumento de las capacidades de extracción de fertilizantes hasta una capacidad de extracción máxima de fertilizantes de $2,000 \text{ Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$, destacan los resultados reportados entre las capacidades de extracción de $1,000$ y $2,000 \text{ Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$ los cuales tienen diferencias numéricas mínimas; mientras que, cuando se realiza una fertilización de presembrado (CP) el incremento de las capacidades de extracción de fertilizantes, reportó un resultado desfavorable en esta variable, en función del aumento de las capacidades de extracción de fertilizantes, se registran valores bajos para esta variable, de acuerdo a lo anterior, el incremento en la capacidad de extracción afecta de manera directa el número de nudos con flor. Con base en la combinación de factores, es probable citar como los mejores resultados cuando no se maneja una fertilización de presembrado y se aplica una capacidad de extracción de $2,000 \text{ Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$, con valores de 13.4 nudos con flor por vara; cuando se aplica una fertilización de presembrado (CP) los valores positivos se registraron cuando no se realizó una capacidad de extracción de fertilizantes con valores de 15.38 nudos con flor y que se comienzan a ver afectados a medida

que se incrementa la capacidad de extracción de fertilizantes, esto puede ser debido probablemente a que los niveles de salinidad en el suelo fueron rebasados para la planta provocado por un efecto de salinización en el medio, posiblemente al incremento de la capacidad de extracción (ver figura 4.8). De acuerdo a una comparación porcentual contra el resultado de menor número de nudos con flor, se tiene una evidente diferencia de 31.08%, con respecto al tratamiento que presenta los valores más bajos, que corresponden a la combinación en donde no se aplicó una fertilización de presiembra (SP) además de una capacidad de extracción de fertilizantes de 250 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹ con una media reportada de 10.6 nudos con flor.

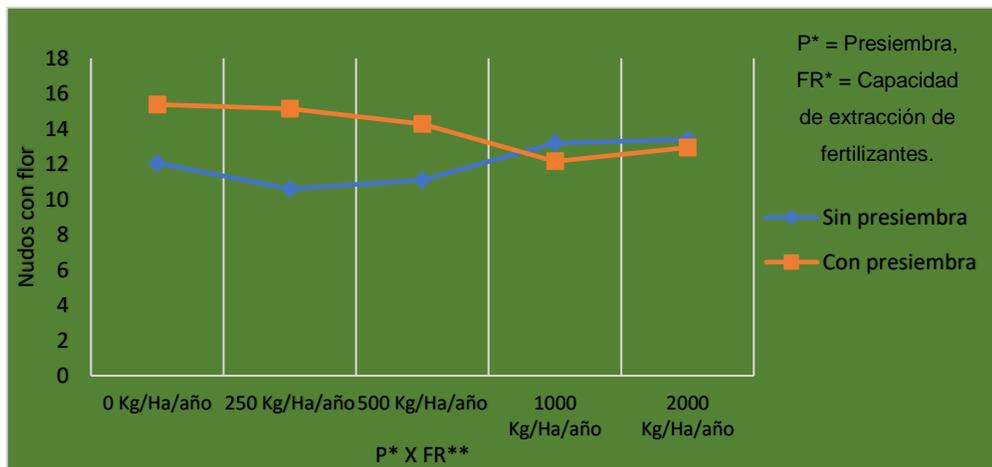


Figura 4.14. Influencia de la interacción de los factores presiembra x capacidad de extracción de fertilizantes (A x B) en la variable nudos con flor (NcF).

De acuerdo a los resultados en esta interacción de factores, es posible mencionar que, existe un resultado positivo en el aspecto económico para su implementación con los productores, en el manejo de la fertilización de presiembra y capacidades de extracción bajas, contra él no empleo de la fertilización de presiembra y el uso de una capacidad de extracción de 2,000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹, este resulta ser menos factible, por los altos costos que representa.

Para la interacción A X C (presiembra x humatos), no se obtuvo una respuesta estadística significativa (ver cuadro 4.1), lo que indica un comportamiento independiente entre factores, donde en la respuesta de ambos no guarda una

relación directa. Con base en los datos obtenidos los mejores resultados se dieron cuando se aplicó fertilización de presiembra (CP) junto a una dosis de humatos de 0.1 cc/L^{-1} dando en promedio un número de nudos de 14.5.

Probablemente al realizar la fertilización de presiembra (CP), es posible aportar los nutrientes minerales necesarios para alcanzar una mayor formación de nudos a lo largo de la vara, y cuando se agregó la dosis de 0.1 cc/L^{-1} posiblemente ayudó de forma directa al acondicionamiento, mejorando la condición físico-química del suelo, lo cual hizo disponibles a todos los nutrientes minerales de forma efectiva.

En la interacción B x C, se obtuvo una respuesta estadística altamente significativa, por lo que ambos factores se consideran dependientes y guardan una relación entre ellos, con respecto a los resultados obtenidos en esta variable. El comportamiento de las distintas interacciones se puede observar en la figura 4.15, indica que cuando no se adicionan dosis de humatos la respuesta se ve favorecida en función del incremento de las capacidades de extracción, hasta una capacidad de $1,000 \text{ Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$, ya que al hacer un manejo de la capacidad de extracción de $2,000 \text{ Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$ se obtiene una diferencia porcentual negativa de 18.10%. Al hacer un manejo de la dosis de humatos de 0.1 cc/L^{-1} en relación con la capacidad de extracción de fertilizantes, los resultados son positivos y notorios, en función de un incremento de las capacidades de extracción de fertilizantes, sin embargo, cuando se emplea la dosis con humatos de 0.25 cc/L^{-1} en la respuesta, se obtienen valores desfavorables en función del aumento de las capacidades de extracción de fertilizantes. El mejor resultado se registró cuando se realizó una capacidad de extracción de fertilizantes de $2,000 \text{ Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$ junto con una dosis de 0.1 cc/L^{-1} de humatos, dando un promedio de nudos de 15.6, se llevó a cabo una comparación porcentual, encontrando que cuando se aplica la capacidad de extracción de fertilizantes alta junto con la dosis baja de humatos en el proceso de cultivo, este supera en un 25.32% al menor resultado en estas interacciones, en donde se aplicó una capacidad de extracción de fertilizantes ($1000 \text{ Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$).

1 año^{-1}) y una dosis de humatos de 0.1 cc/L^{-1} . Es probable que los resultados favorables obtenidos con el nivel de $2,000 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ junto con 0.1 cc/L^{-1} hayan sido debido a que el suelo pudo haber necesitado un adecuado nivel de fertilidad, por lo tanto, es posible que exista un requerimiento de altas capacidades de extracción de fertilizantes. Sin embargo, cabe mencionar, que el uso constante de capacidades de extracción altas de fertilizantes en el suelo tienden a generar un problema serio de salinidad (ver figura 4.8), afectando la fertilidad del suelo para los ciclos de cultivos posteriores, producto de aportes elevados constantes de fertilizantes, para este caso, sería conveniente manejar un análisis continuo del nivel de salinidad del suelo, dada las altas aplicaciones de fertilizante, y con base en ello, tomar una decisión oportuna sobre un manejo racional si es necesario de los mismos.

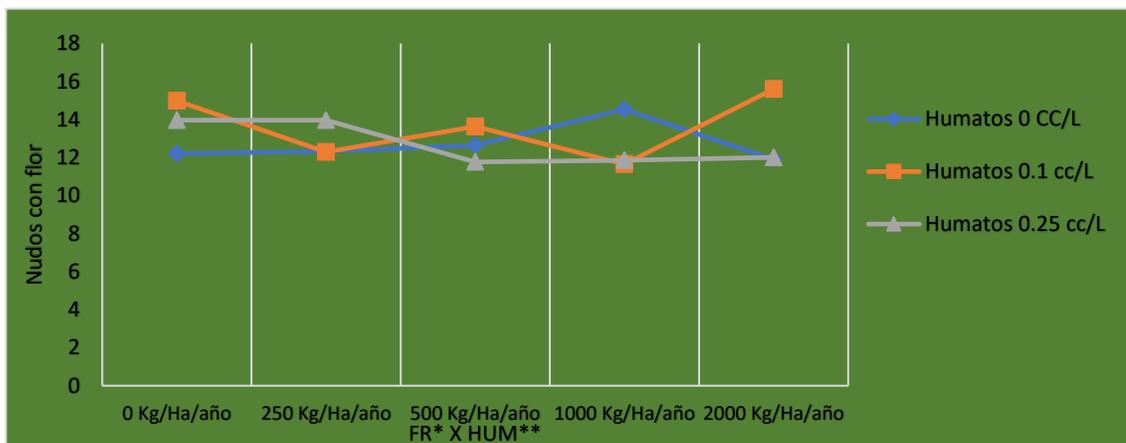


Figura 4.15. Influencia de la interacción de los factores capacidad de extracción de fertilizantes x humatos (B x C) en la variable nudos con flor (NcF). *FR = *Capacidad de extracción de fertilizantes, **Hum = **Humatos.

Al analizar la triple interacción de factores A x B x C (presiembr a x capacidad de extracción de fertilizantes x humatos) se obtuvo una diferencia estadística significativa, lo que indica, que los tres factores son dependientes y guardan una relación entre ellos, con respecto a los datos obtenidos en esta variable. El comportamiento de los distintos niveles que se manejaron se observan en la figura 4.16, en donde indica, que la respuesta positiva para esta variable en general se registró cuando se manejaron la fertilización de presiembr a (CP), una dosis de humatos de 0.25 cc/L^{-1} y una capacidad de extracción de fertilizantes de

250 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹ obteniendo una media de 16.53 nudos con flor, para este nivel, en función del incremento de las capacidades de extracción de fertilizantes se registraron valores bajos para esta variable, es probable que esto sucedía por las altas concentraciones de sales producto de altos aportes de fertilizantes como se puede observar en la figura 4.8, lo que posiblemente ocurrió fue que en función del incremento de las capacidades de extracción de fertilizantes, como consecuencia, rebasan la capacidad de extracción por la planta, por otra parte, se puede observar también en la figura 4.16, que el manejo de fertilización de presembrado tuvo una respuesta positiva la cual se vio representada sobre todo en las capacidades de extracción de fertilizante bajas, mientras que cuando no se aplica la fertilización de presembrado existe muchos resultados desuniformes y que en general se obtienen valores bajos para esta variable. Haciendo una comparación porcentual se obtuvo, que cuando se aplica fertilización de presembrado (CP) más una capacidad baja de extracción de fertilizantes (250 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹) y una dosis de 0.25 cc/L⁻¹ de humatos en el proceso del cultivo, supera con una diferencia porcentual elevada de 46.8% al testigo, habiendo una diferencia de hasta 7.7 nudos con flor formados entre el mejor entre estos.

Es probable que los resultados favorables obtenidos con la interacción de fertilización de presembrado (CP) más una extracción de fertilizantes de 250 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹ junto con una dosis de humatos de 0.25 cc/L⁻¹, hayan sido debido a que al realizar estas técnicas de fertilización es posible aportar y saturar el nivel de fertilidad del suelo a una capacidad necesaria y basta, lo que hizo que el ciclo de cultivo se lleve a cabo de forma satisfactoria. De primera mano esto indica, que existe un bajo costo en la implementación de fertilizantes anuales favoreciendo el aspecto económico de los productores, por otra parte, al usar esta técnica en conjunto, es posible mejorar las condiciones físico-químicas con el uso de humatos del suelo sin alterarlo para la producción de futuras especies.

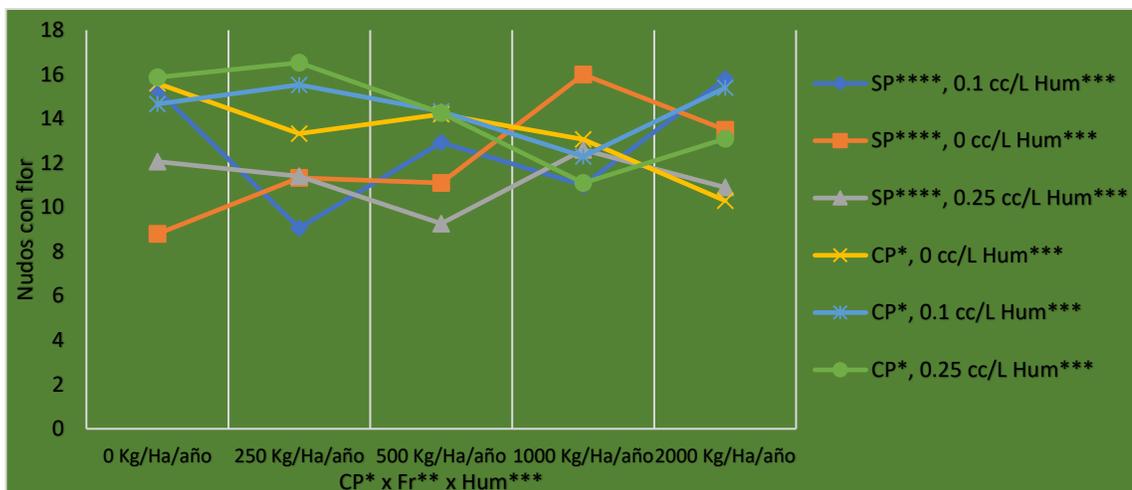


Figura 4.16. Influencia de la triple interacción de factores A x B x C (presiembra x capacidad de extracción de fertilizantes X humatos) en la variable nudos con flor (NcF). *CP = *Con presiembra, **Fr = **capacidad de extracción de fertilizantes, *** Hum = ***humatos, SP**** = ****sin presiembra.

4.4. Flores por nudo (FN)

Es una variable de importancia, debido a que está relacionada con el porte y calidad de la vara de la Campanita de Irlanda, aquellas que tienen un número de flores bien distribuida a lo largo de la misma tienden a rellenar de buena forma toda la longitud, la presencia de las campanitas (cáliz modificada) en una vara, aporta un buen aspecto en la vara de Campanita de Irlanda lo que equivale a un valor mayor valor en el mercado. La apariencia de una vara completamente abundante de las campanitas hace posible obtener un mejor precio por los floristas, se prefieren aquellas varas que tengan una exuberante cantidad de campanitas en toda la longitud de la vara.

Al analizar los resultados, se obtuvo una respuesta estadística altamente significativa para el factor A (presiembra), lo que indica la diferencia entre el manejo de la técnica de la fertilización de presiembra (CP) y cuando no se realiza (SP), cuando se aplica fertilización de presiembra, se obtienen en promedio un número de flores por nudo de 7.7 flores por nudo cuando se aplica fertilización de presiembra (CP) y de 7.45 cuando no se realiza esta práctica (SP), permitiendo un incremento de 3.62% en el número de flores por nudo. (Ver figura 4.17)

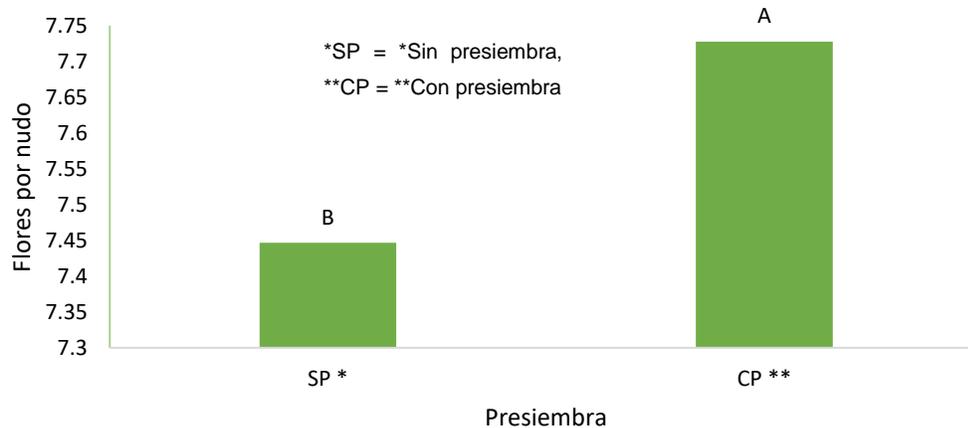


Figura 4.17. Influencia de la fertilización de presiembra en la variable flores por nudo (FN) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

Es posible que el resultado favorable para la fertilización de presiembra fue, que al saturar de manera directa la fertilidad en el suelo, se hizo posible la adición de los elementos nutritivos minerales necesarios, y de fácil absorción que contribuyeron en la formación del número de flores a lo largo de la vara de la Campanita de Irlanda.

Para el factor B (capacidad de extracción $\text{Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$), no se obtuvo una respuesta estadística significativa. Al usar una capacidad de extracción de fertilizantes $250 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ se registró un número de flores por nudo con una media de 7.65 nudos (ver figura 4.18). Anguiano (2021) quien trabajó con nutrición completa en tomate de cáscara, menciona que al usar una capacidad de extracción de $500 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$, es posible obtener rendimiento y calidad satisfactorios en este cultivo, lo que concuerda, con Hernández (2021) quien trabajó con nutrición completa en chile serrano, mencionó que, la capacidad de extracción de fertilizante donde se obtuvo una respuesta favorable fueron las dosis bajas, siendo las de 500 y $1,000 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ las de resultados positivos en este trabajo.

Al analizar el factor C (humatos) no se encontró una respuesta estadística significativa, lo que en principio indica que la aplicación de humatos en cantidades mínimas (0.1 cc/L^{-1}), sean similares que cuando se aplican en cantidades mayores (0.25 cc/L^{-1}) habiendo solo una diferencia marginal porcentualmente de 0.72% entre estas, el resultado se favoreció cuando se aplicó una dosis de

humatos de 0.25 cc/L⁻¹, obteniendo un valor de 7.7 flores por nudo. (Ver figura 4.19)

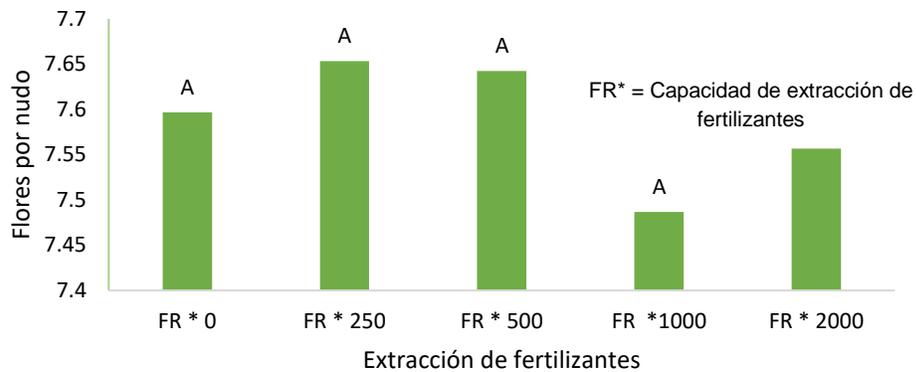


Figura 4.18. Influencia de las capacidades de extracción de fertilizantes para la variable flores por nudo (FN) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

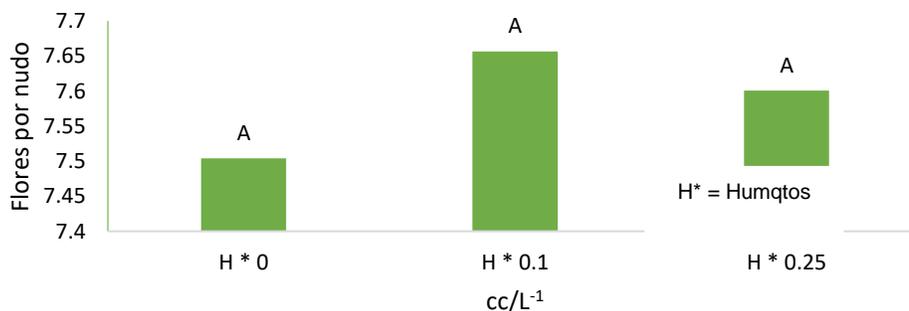


Figura 4.19. Influencia de los humatos en la variable flores por nudo (FN) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

Es probable que esto se deba a que se trata de una especie rustica y en consecuencia capaz de desarrollarse sin altas exigencias de ácidos húmicos, por otra parte, es posible obtener un resultado positivo con el uso de dosis bajas de humatos registrando un promedio de 7.7 flores por nudo (ver figura 4.19). Estrada (2021) quien trabajó con humatos en el cultivo de pepino, menciona que, el uso de humatos favorece el desarrollo del cultivo, así como el mejoramiento de las características del suelo utilizando dosis bajas, Anguiano (2021) quien trabajó con productos orgánicos en tomate de cáscara, mencionó que, al aplicar productos orgánicos como humatos y lixiviado de lombriz en bajas dosis, resulta benéfico y favorable para obtener un incremento en la producción del tomatillo.

Para la interacción A X B se obtuvo una diferencia estadística significativa, lo que indica, que los factores son dependientes y guardan una relación entre ellos, que pueden llegar a tener algún efecto para esta variable. El comportamiento en el nivel sin fertilización de presembrado (ver figura 4.20), se registró que la respuesta positiva en los valores fue determinada en función del aumento de la capacidad de extracción de fertilizantes, lo anterior, sólo ocurrió hasta la capacidad de extracción de 1,000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹, ya que al hacer un manejo de la extracción de 2,000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹ los valores son ligeramente desfavorables en un 2.38% entre estas dos capacidades de extracción, los valores disminuyen, por lo que, el aumento de la capacidad de extracción desfavorece el aumento del número de flores por nudo; mientras que, cuando se maneja la fertilización de presembrado (CP) los valores son negativos en función del aumento de fertilizantes hasta una capacidad de extracción de fertilizantes de 1,000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹, cabe mencionar, que a partir de esta extracción hasta la capacidad de extracción de 2,000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹ existe un pequeño aumento en los valores en un 4.02% (ver figura 4.20), de acuerdo a la combinación de factores. De acuerdo a los resultados obtenidos, se pueden citar como los mejores cuando no se manejó una fertilización de presembrado (SP) y una capacidad de extracción de fertilizantes de 1,000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹, con valores de 7.6 flores por nudo y cuando se aplica la fertilización de presembrado (CP) los resultados positivos se registran cuando se aplica una capacidad de extracción de fertilizantes de 250 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹, con valores de 7.95 flores por nudo, los resultados se ven afectados, cuando se lleva a cabo un aumento de las capacidades de extracción de fertilizantes junto con la fertilización de presembrado (CP), esto ocurre probablemente, al aumento de la salinización del suelo, consecuencia de aportes elevados de fertilizantes, lo que afecta de manera directa las condiciones físico-químicas del mismo, lo anterior se puede observar en la figura 4.8, donde manifiesta que el aumento de las capacidades de extracción de fertilizantes propicia un incremento en la salinidad del suelo donde se estableció el cultivo.

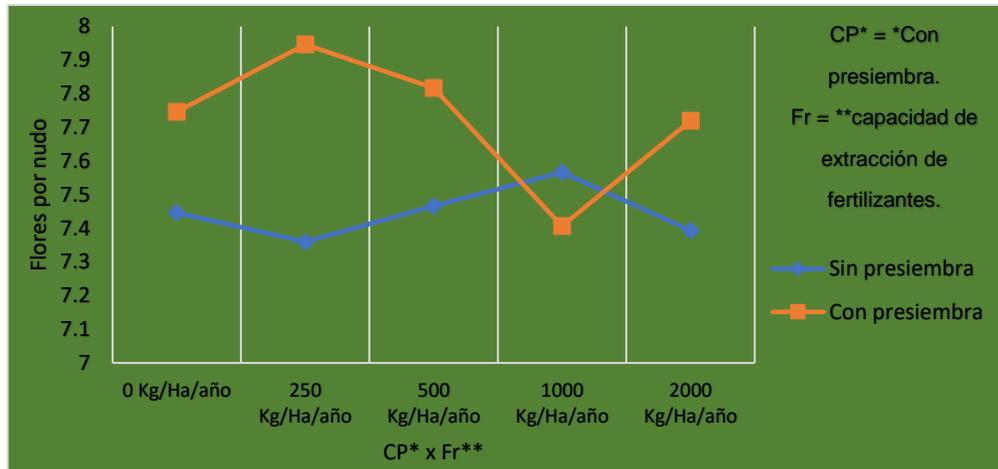


Figura 4.20. Influencia de la interacción de los factores presiembra capacidad de extracción de fertilizantes (A x B) en la variable flores por nudo (FN). *Con presiembra. **capacidad de extracción de fertilizantes.

De acuerdo al manejo de capacidad de extracción de fertilizantes bajo, se puede mencionar que existe una ventaja en el aspecto económico por el bajo costo de fertilizantes por hectárea por año, debido al uso de las capacidades de extracción mínimas, ya que, la fertilización de presiembra tiene como objetivo saturar el nivel de fertilidad del suelo a un nivel necesario por la planta. Por otra parte, el uso racional de fertilizantes tiene un efecto benéfico en la preservación de los suelos, cuando se lleva a cabo esta técnica se hace posible el uso sustentable de los recursos naturales.

En la interacción A X C, no se obtuvo una respuesta estadística significativa, lo que indica un comportamiento independiente entre factores, donde en la respuesta de ambos no guarda una relación directa. Con base en los datos obtenidos, los mejores resultados se dieron cuando se aplicó una fertilización de presiembra (CP) junto con una dosis de humatos alta (0.25 cc/L^{-1}) dando un promedio de flores por nudo de 7.8.

Es probable, que se deba a que, al realizar una fertilización de presiembra se logre saturar el nivel de fertilidad del suelo, lo que hace posible un mayor aprovechamiento de los nutrientes minerales por medio del sistema radicular de la planta y que pueda llevar a cabo el ciclo del cultivo, es posible que con el uso de humatos en altas dosis se mejoren las condiciones físico-químicas del suelo

y de esta forma sean admisibles los nutrientes minerales necesarios aportados para la planta.

En la interacción B X C, no se obtuvo una respuesta estadística significativa, lo que indica un comportamiento independiente entre factores, donde en la respuesta de ambos no guarda una relación directa. Con base en los datos obtenidos, los mejores resultados se dieron cuando se aplicó una capacidad de extracción de fertilizantes de $250 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ más una dosis de humatos de 0.25 cc/L^{-1} dando en promedio un número de flores por nudo de 7.927.

Es probable que esto se deba a que es una especie rustica, por lo tanto, es una planta que no necesitaría altos niveles de fertilizantes anualmente por año; es posible que con el uso de dosis altas de humatos (0.25 cc/L^{-1}) la planta haya tenido un efecto positivo en el sistema radicular, esto debido al mejoramiento de la condición del suelo.

En la triple interacción de factores A X B X C no se obtuvo una respuesta estadística significativa, lo que indica un comportamiento independiente entre factores, en la que la relación de los tres factores no tiene ningún tipo de efecto para esta variable. Con base en los datos obtenidos el mejor resultado se obtuvo cuando se aplicó una fertilización de presembrado (CP) más una dosis de fertilización con una capacidad de extracción de fertilizantes de $250 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ junto con una dosis de humatos de 0.25 cc/L^{-1} dando un promedio de flores por nudo de 8.2.

Es posible que el aporte de dosis mayores de fertilizante por Ha por año ocasionen un disturbio en la salinidad del suelo, afectando directamente la formación y desarrollo de flores por nudo provocando una cantidad menor de las mismas.

En general para la variable flores por nudo (FN) se tienen los mejores resultados al realizar una fertilización de presembrado (CP) más una capacidad de extracción de nutrientes minerales de $250 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ junto con una dosis de humatos de

0.25 cc/L⁻¹, en conjunto estos tres factores generan los mejores resultados en el desarrollo de flores por nudo en la vara de Campanita de Irlanda.

4.5. Diámetro de cáliz (DC)

Es una variable importante debido a que influye de manera directa en el porte de la vara de Campanita de Irlanda y en la calidad de la misma, se prefieren varas con flores que presenten un mayor tamaño sobre aquellas de menores tamaños. Aquellas que tienen un diámetro de cáliz largo son las que obtienen un valor mayor.

En el análisis de varianza para el factor A (presiembrera), se obtuvo una diferencia estadística altamente significativa. Encontrando la mejor respuesta cuando no se aplica una fertilización de presiembrera (SP) dando un diámetro de cáliz de 2.08 cm que cuando se aplica esta técnica (CP) en donde se obtuvo una media del diámetro de cáliz de 1.98 cm, haciendo una comparación porcentual, se encontró que la fertilización de presiembrera no mejora el diámetro de cáliz habiendo una pequeña diferencia de 4.35%. (Ver figura 4.21)

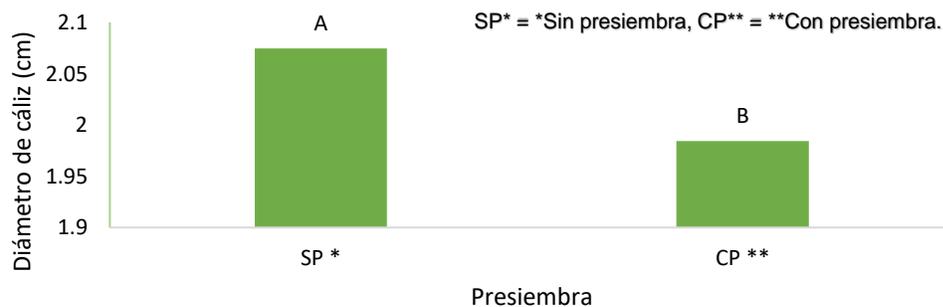


Figura 4.21. Influencia de la fertilización de presiembrera en la variable diámetro de cáliz (DC) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

Probablemente esto se deba a que cuando el cultivo fue implementado en campo las condiciones de suelo se encontraban en buen estado, lo que propicio un buen desarrollo del diámetro de cáliz sin fertilización de presiembrera, no obstante, es recomendable tener en cuenta un análisis de suelo para ciclos posteriores, ya que es posible que la fertilidad de este disminuya con el uso constante, afectando los ciclos de cultivos posteriores.

Para el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes $\text{Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$) no se encontró una diferencia estadística significativa, lo que en principio indica que la aplicación de fertilizantes en cantidades mínimas $250 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ serán similares que cuando se aplican estos en cantidades mayores hasta $2000 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$. (Ver figura 4.22)

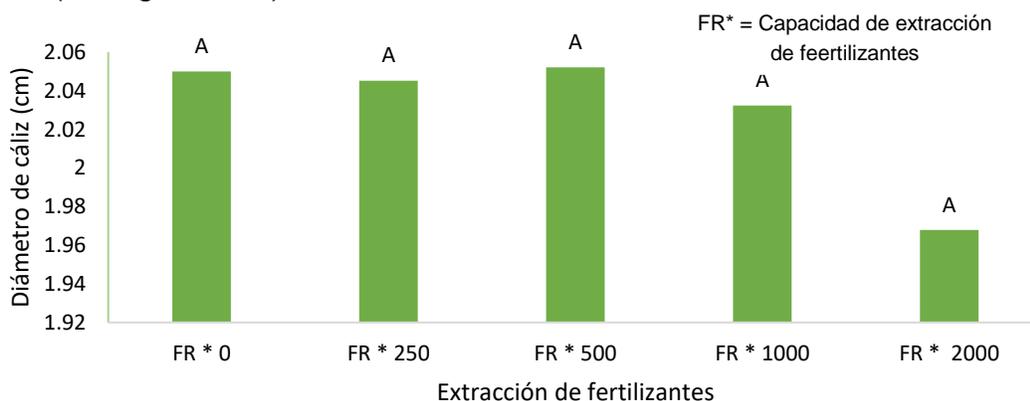


Figura 4.22. Influencia de las capacidades de extracción de fertilizantes en la variable diámetro de cáliz (DC) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

Es probable que esto se deba a que se trata de una especie con alto grado de rusticidad y en consecuencia poco exigente en lo que respecta a nutrientes.

Al analizar el factor C (humatos) no se encontró una respuesta estadística significativa, lo que en principio indica que la aplicación de humatos en cantidades mínimas (0.1 cc/L^{-1}), sean similares que cuando se aplican en cantidades mayores (0.25 cc/L^{-1}). (Ver figura 4.23)

Es probable que la Campanita de Irlanda tenga una buena respuesta cuando se aplican las dosis bajas y altas, lo que en principio indica que los humatos posiblemente logran mejorar la disposición de los elementos nutritivos para la planta, existe solo una ligera diferencia de 0.02 cm entre el uso de estas, produciendo un efecto favorable para el crecimiento del diámetro de cáliz, por otro lado, se debe tomar en cuenta que es posible obtener un buen resultado aplicando dosis bajas de humatos, lo que hace posible un menor costo de los recursos empleados en el desarrollo del cultivo. Esto no concuerda con Hernández (2021) quien trabajó con la respuesta del chile serrano en la aplicación de productos orgánicos, donde mencionó que, el uso de sustancias

húmicas en la nutrición del cultivo no influyó en gran manera en los resultados por cada variable, ya que, sin adición de las sustancias húmicas los resultados fueron un poco más favorables, por otra parte, Pedroza (2019) quien trabajó con sustancias húmicas en el rendimiento de aceite de higuera encontró que, entre semillas silvestres vs semillas tratadas se logró encontrar un 6% más de aceite en las semillas tratadas con humatos y fulvatos de Mg y k.

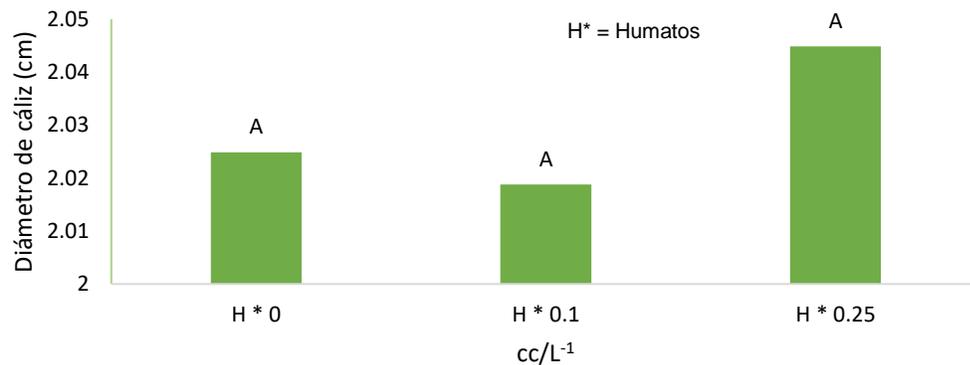


Figura 4.23. Influencia de los humatos en la variable diámetro de cáliz (DC) en el cultivo de Campanita de Irlanda.

En la interacción de factores A X B, no se encontró una respuesta estadística significativa, lo que en principio indica un comportamiento independiente entre factores, donde ambos en su respuesta no guardan una relación directa. Con base en los datos obtenidos los mejores resultados se dieron cuando se no se aplicó una fertilización de presembrado (SP) junto con una capacidad de extracción de 1000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹, dando en promedio un diámetro de cáliz de 2.13 cm.

Probablemente los resultados favorables para el diámetro del cáliz se deban a que al inicio del ciclo de cultivo y durante este, hayan buenas condiciones de fertilidad del suelo por lo que no había sido requerido aplicar la técnica de fertilización de presembrado, posiblemente por eso sólo fue necesario un uso de la capacidad de extracción de fertilizantes media (1000 Kg*Ha⁻¹*año⁻¹), sin embargo, lo conveniente es realizar un análisis de suelo por cada ciclo de cultivo con el objetivo de tener un conocimiento acerca de la fertilidad presente en el

suelo y de ser necesario implementar un programa apropiado de fertilización oportuno.

En la interacción de factores A X C, no se encontró una respuesta estadística significativa, lo que en principio indica un comportamiento independiente entre factores, donde en la respuesta de ambos no guarda una relación directa. Con base en los datos obtenidos el mejor resultado se dio cuando no se aplicó una fertilización de presembrado (SP) junto con una dosis de humatos de 0.25 cc/L^{-1} , dando en promedio un diámetro de cáliz de 2.1 cm.

Es probable, que los resultados favorables para el diámetro de tallo en esta interacción se deban a que la zona en donde fue cultivada la especie tenía un buen índice de fertilidad por lo que no fue necesario aplicar fertilización de presembrado y con el uso de humatos es posible que se lograra mejorar las condiciones del suelo para hacer una absorción de los nutrientes minerales efectiva por parte de la planta, no obstante se recomienda hacer uso del análisis de suelo para conocer las condiciones del mismo para ciclos de cultivos posteriores.

En la interacción de factores de B X C, no se obtuvo una respuesta estadística significativa, lo que en principio indica un comportamiento independiente entre factores, donde en la respuesta de ambos no guarda una relación directa. Con base en los datos obtenidos los mejores resultados se dieron cuando se aplicó una capacidad de extracción de fertilizantes de $500 \text{ Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$ más una dosis de humatos de 0.25 cc/L^{-1} , dando un promedio un diámetro de cáliz de 2.1 cm.

Probablemente esto se deba a que se trata de una especie rústica, en consecuencia; sea una planta poco demandante de fertilizantes, es posible que el uso de humatos en altas dosis hayan tenido un efecto benéfico en la estructura físico-química del suelo favoreciendo la absorción de nutrientes minerales por el sistema radicular de la planta.

La triple interacción de factores A X B X C no obtuvo respuesta estadística significativa, lo que indica un comportamiento independiente entre factores,

donde la respuesta entre los tres no tiene algún tipo de efecto para esta variable. Con base en el análisis al no realizar una fertilización de presembrado (SP) junto con una capacidad de extracción de fertilizantes $500 \text{ Kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$ más una dosis de humatos de 0.25 cc/L^{-1} , se obtiene en promedio un diámetro de 2.2 cm.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en las que se estableció la investigación y en los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

La producción de Campanita de Irlanda se ve beneficiada de manera directa cuando se maneja una fertilización de presiembra, esto promovió la saturación de la fertilidad del suelo haciendo posible que se logre el ciclo de cultivo con éxito.

Se obtienen resultados satisfactorios para las variables, cuando se hace un manejo de capacidades de extracción de fertilizantes bajo.

Los humatos mostraron un efecto positivo en la calidad y producción de tallos de Campanita de Irlanda, cuando se utilizaron dosis altas en las variables diámetro de tallo y diámetro de cáliz, por otra parte, cuando se utilizaron las dosis bajas se obtuvieron los mejores resultados para las variables longitud de tallo, nudos con flor y flores por nudo.

Para la obtención de resultados satisfactorios, para el productor y para el mercado, se recomienda hacer la fertilización de presiembra, aplicar la fertilización de presiembra, aplicar el fertilizante con una capacidad de extracción de fertilizantes de $250 \text{ Kg} \cdot \text{Ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ y aplicar semanalmente los humatos a una dosis de 0.25 cc/L^{-1} .

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo al efecto positivo con las técnicas aplicadas para el ciclo de cultivo de esta investigación se recomienda lo siguiente:

Tomar en cuenta el análisis de suelo para conocer el estado de fertilidad en que se encuentra el suelo.

La fertilización de presembrado es importante, ya que con esta se obtienen los mejores resultados en esta especie.

La Campanita de Irlanda al ser en principio una especie rústica, no necesita de altas capacidades de extracción, por lo que se recomienda, tener como base el análisis de suelo y tomar una decisión oportuna en cuanto a la fertilización por hectárea por año de esta especie.

El uso de humatos mejora tanto en dosis altas como bajas, sin embargo, por razones económicas es recomendable usarlo en dosis bajas, que permiten la obtención de buenos resultados en la Campanita de Irlanda.

VII. LITERATURA CITADA

- Aguilar, J. F. (2014). Aplicación de Niveles de Nutrición en 10 Variedades de Gerbera y Calidad en Flor Cortada. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura. 20-21.
- Alegría, M. W. (2016). Texto Básico Para Profesional en Ingeniería Forestal en el Área de Fisiología Vegetal. FCF-UNAP, 166.
- Anguiano, M. E. (2021). Uso de Productos Orgánicos y la Nutrición Completa en la Producción de Tomate de Cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, 66.
- Azcón, Bieto, J., Talón, M. (2008). Fundamentos de la Fisiología Vegetal 2da edición. Barcelona: PUBLICACIONES I EDICIONES DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA.
- Bautista, P. G. (2002). Respuesta de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) a la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos, en suelos no aptos agronómicamente. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 74.
- Benítez, Sánchez, N., *et al.* (2012). Clima Mediterráneo, 2-6.
- Cañón, A. F. (2014). Efecto del Ambiente de cultivo y la Densidad de Siembra Sobre la Productividad de Dos Materiales de Romero (*Rosmarinus officinalis* L.) Israelí y Crespo, en Cajica, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada Facultad de Ciencias Básicas Biología Aplicada.
- Dana, E.D., *et al.* (2015). Nuevas Localidades de *Moluccella laevis* L. (Labiatae) en el sur de España. Grupo de Investigación, Transferencia I+D en Recursos Naturales, Universidad de Almería (Almería, España), 27-30.
- Escalante Díaz, Y. (2013). Uso de Humatos y Fulvatos de Magnesio en la Calidad de Plántula de Higuera (*Ricinus communis* L.). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 41.
- Estrada, H. D. (2021). Manejo de la Nutrición Completa Suplementada con Humatos, Considerando Densidad de población en Pepino. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de agronomía, Departamento de Horticultura, 71.
- García-Serrano, J. P. (2009). Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos de España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 37-39.
- Garrido, B., *et al.* (2002). Contribuciones a la Flora Vasculare de Andalucía (España) (80-88). Acta Botánica Malacitana, 295-332.

- González, R. G. (2005). Comportamiento de Cuatro Sustancias Húmicas de Diverso Origen en la Nutrición y Crecimiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Programa de Graduados, 28.
- Grenón, Cascales, G. N., *et al.* (2014). Follajes Comercializados en dos Mercados de Flores del Altiplano Central Mexicano. *Polibotánica*, 193-204.
- Guerrero, A. C. (2018). Manejo de Nutrición Completa Considerando Capacidad de Extracción y Densidad en la Producción de Calabacita. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 69.
- Gutiérrez, M. (1997). Nutrición mineral de las plantas: Avances y aplicaciones. *Agronomía Costarricense*, 127-137.
- Hernández, H. D. (2021). Respuesta del Chile Serrano a la Aplicación de Productos Orgánicos en la Nutrición Completa a Diferentes Densidades. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 77.
- Inzunza, Ibarra, M.A., *et al.* (2010). Extracción de nutrientes y producción de chile jalapeño bajo acolchado plástico y niveles de riego. *Terra Latinoamericana*, 2016-2017.
- López, S. R., *et al.* (2014). Metodología para obtener ácidos húmicos y fúlvicos y su caracterización mediante espectrofotometría infrarroja. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1397-1407.
- Martínez, Gordillo, M., *et al.* (2017). Lamiaceae en México. *Botanical Sciences*, 1-2.
- Medina, Gavilán, J L., *et al.* (2019). ¿Es *Moluccella laevis* L. (Lamiaceae) una Planta Exótica recientemente Naturalizada en Andalucía Occidental?, *Montiberica*, 65-69.
- Mengel, K. E. (2000). Principios de la nutrición vegetal. Basilea, Zuisa: Instituto Internacional del Potasio.
- Miesen, W. M. A. J., *et al.* (2003). Occupational asthma due to IgE mediated allergy to the flower *Moluccella laevis* (Bells of Ireland). *Occup Environ Med*, 3.
- Morales, R., *et al.* (2010). Flora Iberica: Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Madrid, España.: Real Jardín Botánico, CSNavarro, G. (2003). Química agrícola. Madrid: Grupo Mundi-Prensa.

- Ortiz, Z. B. (2008). Caracterización morfo-fisiológicas de gerbera (*Gerbera jamesonii*) con diferentes dosis de fertilización orgánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 24-33.
- Pedroza, R. E. (2019). Efecto de la aplicación de sustancias húmicas en el rendimiento del aceite de higuera (*Ricinus communis*). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 48.
- Pérez Leal, F. (2017). Fisiología vegetal, parte III Nutrición mineral. Universidad Nacional de Ucayali, 9.
- Político, V. (2017). Floricultura mexicana, con potencial de exportación (I/II).
Vértigo político.
- Remache, A. A. (2013). Evaluación de dos abonos Orgánicos (Gallinaza, Estiercol Bovino, 10-30-10 y 15-15-15) a Tres Niveles en Campanas de Irlanda (*Molucella leavis*) de Corte en el Cantón-Saquisilí.
- Reyes, Pérez, J.J., *et al.* (2017). Ácidos Húmicos y su Efecto Sobre Variables Morfométricas en las Plantas de Zanahoria (*Daucuscarota L.*). Biotecnia, 25-29.
- Reyes, Pérez, J.J., *et al.* (2015). Humatos de Vermicompost y su Efecto en el Crecimiento de Plántulas de Tomate (*Solanum lycopersicum L.*). Biotecnia, 9-12.
- Reyes, Pérez, J.J., *et al.* (2016). Uso de humatos de vermicompost para disminuir el efecto de la salinidad en el crecimiento y desarrollo de albahaca (*Ocimum basilicum L.*). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 7 Núm. 6, 1375-1387.
- Salas, E. J. (2019). Manejo de nutrición considerando capacidad de extracción de fertilizantes en la producción de acelga (*Beta vulgaris*). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura, 50.
- Saavedra, M., *et al.* (2011). *Molucella laevis*, Nueva Mala Hierba de los Cultivos de Andalucía. XIII Congreso 2011 de la Sociedad Española de Malherbología, La Laguna 2011, 71- 74.
- Sergio, P. J. (2015). Capacidad de Extracción de Fertilizante del Chile Habanero (*Capsicum chinense L.*) var. Jaguar. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 58.
- Sibaja, G. M. (2019). Nutrición Completa de Calabacita Zucchini (*Cucúrbita Pepo L.*), y su Efecto con Fuentes Organominerales Tomando en Cuenta la

Capacidad de Extracción de Fertilizantes. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 70.

Tenorio, S. J. (2019). Capacidad de Extracción de Fertilizante, en la Producción de Cebollines con Fines de Propagación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 67.

Urbano, T. P. (1996). Fertilización de presiembra. Vida rural No. 34, 42-44.

Velasco Velasco, V. A. (1999). Papel de la Nutrición Mineral en la Tolerancia a las Enfermedades de las Plantas. Tierra latinoamericana., 193.

Wicky, M. e. (2015). Guía técnica para el cultivo de Moluccella. INTA Instituto de Floricultura, 2-3.

Wicky, M. A., *et al.* (2015). Guía técnica para el de cultivo Moluccella. INTA

Citas de internet

Campana de Irlanda (04:02 p.m., 11 de octubre de 2021).
<https://es.scribd.com/document/238680020/Campana-de-Irlanda>

Campana de Irlanda, planta ideal para combinarse con otras especies (03:44 p.m., 11 de octubre de 2021) <https://blog.gardencenterejea.com/campana-de-irlanda-planta/>

Los Ácidos Húmicos en la agricultura (06 de octubre de 2021, 09:32 a.m.)
<https://aeafa-agronutrientes.org/los-acidos-humicos-en-la-agricultura>

Floricultura mexicana, con potencial de exportación (I/II) (20 de octubre de 2021, 09:56 a.m.). www.vertigopolitico.com/politica/economia/floricultura-mexicana-con-potencial-de-exportacion-i-ii

Sustancias Húmicas: Origen, Caracterización Y Uso En La Agricultura (7:40 p.m., 11 de octubre de 2021).
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/acidos-humicos-fulvicos-nutricion-vegetal>

SADER, 2021, Las flores están en el campo, en las miradas, en las palabras (12:30 p.m., 06 de noviembre de 2021).
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/las-flores-estan-en-el-campo-en-las-miradas-en-las-palabras>