

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE ACIDO GIBÉRELICO Y MANEJO DE
FOTOPERIODO DEL CULTIVO DE ALHELI (*Matthiola incana* L.)
PRODUCIDO EN CONTENEDOR**

Por:

MARÍA ELENA DE LA CRUZ FLORES

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, de 2010.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE ACIDO GIBÉRELICO Y MANEJO DE
FOTOPERIODO DEL CULTIVO DE ALHELI (*Matthiola incana* L.)
PRODUCIDO EN CONTENEDOR**

Presentada por:

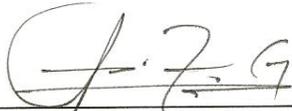
MARÍA ELENA DE LA CRUZ FLORES

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito
Parcial para Obtener el Título de:

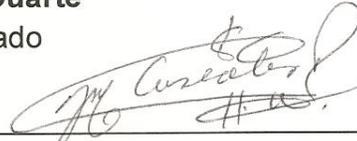
Ingeniero Agrónomo en Horticultura



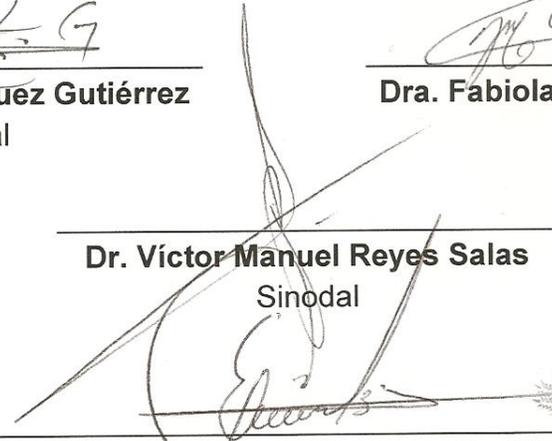
MC. Alfonso Rojas Duarte
Presidente del Jurado



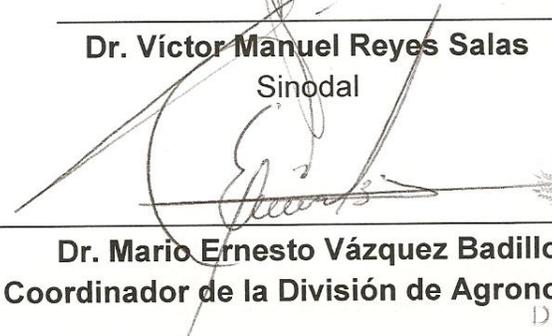
MC. Luis Rodríguez Gutiérrez
Sinodal



Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez
Sinodal



Dr. Víctor Manuel Reyes Salas
Sinodal



Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre de 2010

DEDICATORIA

A Dios

Quien me ha dado todo en esta vida. Por haberme permitido llegar una vez más a la meta, “mi carrera; por estar siempre conmigo y no dejarme vencer, por darme sabiduría e inteligencia para hacer las cosas. Permitiéndome vivir con la esperanza de seguir superándome cada día. Gracias.

A Mis Padres:

De todo corazón, respeto y admiración que ustedes merecen. Que con tanto sacrificio me brindaron su apoyo para que pudiera hacer una vez más mi sueño realidad y claro por qué han sido mi mayor fortaleza ante los retos que la vida me ha puesto. Por eso ahora les dedico este triunfo. Los Amo mucho.

Sr. Reyno de la Cruz Rivera

Papi gracias por darme la vida, por todo el gran esfuerzo que has hecho para sacarme adelante cada día, por todo tu amor y confianza que me has dado. Y sobre todo por tus sabios consejos para ser de mi una gran persona.

Sra. Norma Flores Cruz

Mami, a ti mil gracias por haberme dado la dicha de nacer, por cada uno de tus desvelos y cuidados. Porque además de ser mi madre eres mi amiga, por confiar siempre en mi y enseñarme a valorar las cosas por más pequeñas que parezcan.

A mis hermanos:

Enrique

María Antonia

Reyna Liliana

Este logro también es para ustedes, por el inmenso amor que nos une. Por todo su apoyo y confianza que me dieron para ser de mi una mejor persona. Gracias por cada momento que me han dado y estar siempre juntos. Los quiero mucho.

A mis abuelitos:

Papá Melé

Mamá Beta

Papá Salvador

Mamá Paula

Gracias por cada uno de sus consejos; hacer mi triunfo el suyo y sobre todo por el inmenso cariño que me han dado en mi vida. Los quiero mucho, que dios los bendiga siempre.

A Mi Novio:

Adrian Sánchez Rojano, con cariño para ti, a quien admiro tanto, por todo el apoyo que me has brindado, además de ser un hombre maravilloso. Por todo tu amor y confianza que has depositado en mi, y por todos los momentos felices que hemos compartido, que perduren por siempre. Te Amo.

A Mis Tíos (as):

Por su confianza y cariño que me dieron. Y sobre todo por ese inmenso amor que nos une como familia.

A Mis Primos (as):

Gracias por compartir tantos momentos y estar siempre con migo. Por ese ánimo que siempre me dieron para salir adelante.

A LAS FAMILIAS:

Osorio Fuentes

Flores Carvajal

Sánchez Rojano

Gracias por haberme abierto las puertas de su hogar. Por el apoyo incondicional y cada uno de sus consejos que no estuvieron de mas para mi formación como persona. Impulsándome para resolver los problemas de una mejor manera, dándome ánimos. Nunca los olvidare y que dios los bendiga.

AGRADECIMIENTOS

A mi “Alma Terra Mater”

Por aceptarme en sus aulas, contribuir en mis conocimientos para mi vida profesional, dándome las bases y herramientas para seguir adelante para poder defenderme en el medio laboral y sobre todo porque es donde conocí a personas que jamás olvidare.

Al MC. Alfonso Rojas Duarte, por su gran amistad, ayuda y confianza que me brindo durante la elaboración de este trabajo, y el ánimo que siempre me dio para hacer las cosas.

Al MC. Luis Rodríguez Gutiérrez, por su asesoría y revisión del presente trabajo.

A la Dr. Fabiola Aureoles Rodríguez, por su colaboración en la revisión del presente trabajo.

Al Dr. Víctor Manuel Reyes Salas, por sus consejos, apoyo, amistad que me brindo durante todo este tiempo y la revisión del presente trabajo.

Al MC. Alfonso Reyes López, por su apoyo y colaboración para la realización de este trabajo.

A todos los maestros y personal del Departamento de Horticultura, que contribuyeron en mi formación.

A mis amigos especiales: Yanis Licet, Roberto, Mayra Isabel, Emilio, Verónica, Jorge Luis, José Eriberto, Flor, Jorge. Gracias por escucharme siempre, por estar ahí cuando más los necesitaba, por compartir cosas malas y buenas. Por su inmensa amistad, la cual nunca olvidare.

A todos mis compañeros de la Generación CX, de la carrera de Ing. Agrónomo en Horticultura, que de una forma me apoyaron durante mi estancia profesional. Por ser buena onda y convivir experiencias del saber.

A todos mis amigos, por ser buena onda y compartir esos momentos de alegría. A cada uno de ustedes le agradezco su amistad y confianza. No los olvidare.

A la empresa: Las Flores de los Caprichos S.P.R de R.L.

Por darme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales y sobre todo por la confianza que depositaron en mí.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen e historia.....	4
Características generales del cultivo.....	5
Germinación de la semilla.....	6
Porcentaje de germinación.....	7
Emergencia.....	7
Factores extrínsecos.....	7
Agua.....	7
Temperatura.....	8
Luz.....	9
Fotoperiodo.....	9
Medio de cultivo.....	10
Sustrato.....	11

	Pág.
Peat moss.....	12
Vermiculita.....	12
Perlita.....	13
Reguladores de crecimiento.....	13
Hormonas de crecimiento.....	14
Clasificación y tipos de hormonas vegetales.....	15
Giberelinas.....	15
Aspectos históricos de las giberelinas.....	15
Aspectos biológicos de las giberelinas.....	18
Citoquininas.....	19
Aspectos fisiológicos de las citoquininas.....	20
Auxinas.....	21
Aspectos fisiológicos de las auxinas.....	21
Ácido absicico.....	22
Aspectos fisiológicos del ácido absicico.....	22
Etileno.....	23
Aspectos fisiológicos del etileno.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
Ubicación del lugar.....	24
Descripción del material vegetal.....	24
Descripción de los tratamientos.....	25
Diseño experimental.....	26
Diseño estadístico.....	27
Variables evaluadas.....	28
Eta 1: Germinación de semillas.....	28
Número de semillas germinadas.....	28
Peso fresco de plántula.....	28

	Pág.
Peso seco de plántula.....	28
Diámetro de tallo de plántula.....	28
Altura de plántula.....	29
Número de hojas por plántula.....	29
Etapa 2: Desarrollo del cultivo.....	29
Diámetro del tallo de planta.....	29
Altura de planta.....	29
Número de flores por planta.....	29
Número de brotes por planta.....	30
Longitud de flor.....	30
Diámetro de planta.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
Etapa 1: Germinación de semillas.....	31
Etapa 2: Desarrollo del cultivo.....	40
V. CONCLUSIÓN.....	49
VI. LITERATURA CITADA.....	50
VII. APÉNDICE.....	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
3.1 Descripción de los tratamientos.....	25
3.2 Diseño completamente al azar con arreglo factorial: A*B.....	26
A.1 Concentración de datos de la etapa 1: Germinación de semillas.....	54
A.2 Concentración de datos de la etapa 2: Desarrollo del cultivo.....	54
A.3 Análisis de varianza para la variable número de semillas germinadas...55	
A.4 Análisis de varianza para la variable peso fresco de plántula.....	55
A.5 Análisis de varianza para la variable peso seco de plántula.....	55
A.6 Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo de plántula.....	56
A.7 Análisis de varianza para la variable altura de plántula.....	56
A.8 Análisis de varianza para la variable número de hojas de por plántula.....	56
A.9 Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo de planta.....	57
A.10 Análisis de varianza para la variable altura de planta.....	57
A.11 Análisis de varianza para la variable número de flores por planta.....	57
A.12 Análisis de varianza para la variable número de brotes por planta.....	58
A.13 Análisis de varianza para la variable longitud de flor.....	58
A.15 Análisis de varianza para la variable diámetro de planta.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.	Página
4.1 Comparación de medias para la variable número de semillas germinadas.....	33
4.2 Comparación de medias para la variable peso fresco de plántula en relación a los factores.....	35
4.3 Comparación de medias para la variable peso seco de plántula en relación a los factores.....	36
4.4 Comparación de medias para la variable diámetro de tallo de plántula en relación a los factores.....	37
4.5 Comparación de medias para la variable altura de plántula en relación a los factores.....	38
4.6 Comparación de medias para la variable número de hojas por plántula en relación a los factores.....	40
4.7 Comparación de medias para la variable diámetro de tallo de planta en relación a los factores.....	41
4.8 Comparación de medias para la variable altura de planta en relación a los factores.....	43
4.9 Comparación de medias para la variable número de flores por planta en relación a los factores.....	44
4.10 Comparación de medias para la variable número de brotes por planta en relación a los factores.....	45
4.11 Comparación de medias para la variable longitud de flor en relación a los factores.....	47
4.12 Comparación de medias para la variable diámetro de planta en relación a los factores.....	48

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo dentro las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, durante el periodo de Octubre del 2009 a Marzo del 2010, bajo condiciones de invernadero. El objetivo principal del trabajo fue determinar la respuesta del Alhelí (*Matthiola Incana* L.), al manejo de diferentes dosis de AG_3 y del fotoperiodo. Para ello se utilizaron semillas de Alhelí Cuarenteno para la etapa 1: Germinación de semillas, por medio de un sistema de flotación, mientras para la etapa 2: Desarrollo del cultivo, se utilizaron plántulas de un altura aproximada de entre 6 a 7 cm de altura, además de lo anterior se aplicaron dosis a una concentración de 0 ppm, 10 ppm, 40 ppm y 100 ppm. El diseño utilizado fue completamente al azar con un arreglo factorial A*B. Los resultados obtenidos de cada una de las etapas con sus respectivas variables evaluadas durante la germinación (la diferencia entre 40 ppm y 100 ppm fue altamente significativa, al igual en algunas variables en cuanto a iluminación, la interacción conjunta entre los 2 factores también existe una diferencia altamente significativa). Así mismo, en el desarrollo del cultivo existe una diferencia altamente significativa entre las mismas dosis presentadas en germinación pero solo en algunas variables, mientras tanto para el factor iluminación fue significativo en casi todas las variables, pero en cuanto a la interacción entre ambos factores no existe significancia de algunas variables analizadas. Por lo tanto podemos decir que la aplicación de AG_3 , para algunas variables fue favorecedora, sin embargo en otras les afecto.

Palabras clave: Alhelí, Germinación, Fotoperiodo, AG_3

INTRODUCCIÓN

En los últimos años dentro del sector agrícola, la actividad del manejo de plantas ornamentales ha sido una alternativa de diversificación en donde tanto el cultivo de flores de corte, en maceta así como todo lo relacionado a la jardinería, en general la floricultura es parte importante de la economía nacional ya que genera divisas y beneficios. Y en la actualidad la producción ornamental está viviendo un índice acelerado ya que las condiciones (climáticas y de manejo) para producir y la cercanía con el mercado de E.U., es ideal para este propósito (Verdegue, 1999).

Para Mundo (2006) un viverista es aquel que produce flores y plantas en contenedores (macetas o bolsas), se incluye la producción de arboles; mientras que floricultor es aquel que produce flores de corte principalmente. La producción de plantas en maceta bajo invernadero es una actividad muy importante que requiere de atención especial a todos y cada uno de los procesos técnicos involucrados en ella.

Gran parte del éxito en la producción de plantas en maceta o contenedor requiere de una comprensión del ambiente único encontrado en la maceta y como este es afectado por las propiedades físicas y químicas de los sustratos empleados (López, 1997).

La utilización de mezclas de sustratos para la producción de plantas en macetas es muy importante, las ornamentales producidas en macetas crecen, se desarrollan y toman sus nutrientes de esos pequeños recipientes (Pastor, 1999).

Dentro de estas ornamentales manejadas se encuentra el cultivo del Alhelí (*Matthiola Incana L.*) que recientemente se ha ido perfeccionando con nuevas variedades que presentan características como espigas más largas, flores dobles más voluminosas que llenan completamente la espiga floral, hojas más pequeñas y tallos más largos y menos gruesos, ha aumentado extraordinariamente su aprecio por los floristas y consumidores y el interés por su cultivo (Verdegue, 1999).

Su manejo como flor de corte involucra buscar nuevas alternativas de manejo que reditúen un mayor rendimiento pues su cotización en el mercado puede igualar a la de otros cultivos como son la gladiola y otros, en determinadas épocas del año, para ello una práctica importante que podría beneficiar y alcanzar los mejores rendimientos es el fotoperiodo el cual puede ser largo o corto, durante la transición de la cúspide de la vegetación a la etapa productiva de desarrollo maximizando la producción total de las flores, mediante el aumento de brotes secundarios (Healy y Wilkins, 1983).

Además de lo anterior el uso de hormonas como las giberelinas, auxinas y otros, pueden ayudar a provocar efectos en el desarrollo del cultivo (alargamiento o elongación, etc.) (James, 1967).

Por lo anterior se plantea lo siguiente:

OBJETIVOS

Determinar el efecto del ácido Giberélico (GA_3), a diferentes concentraciones sobre la germinación de las semillas de Alhelí, producidos bajo un sistema de flotación y manejo de fotoperiodo.

Determinar la mejor dosis de Ácido Giberélico (GA_3), que muestre los mejores rendimientos de primera calidad y producción en el cultivo de Alhelí, producidos bajo invernadero.

HIPOTESIS

El tratamiento químico de semillas con Ácido Giberélico (GA_3), incrementa la germinación de las semillas de Alhelí.

Con la aplicación del Ácido Giberélico (GA_3), se incrementa la calidad de la longitud de inflorescencia, longitud de la vara, diámetro de la vara floral, y se incrementa la producción de flores en maceta.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e Historia

El Alhelí se localiza dentro de la Cuenca Mediterránea y del Reino Unido siendo muy común encontrarla en los jardines costeros. Es una planta perenne que pertenece a la familia de las Crucíferas, que también es conocido como Alhelí de Invierno, Encarnado o Cuarenteno y que puede ser cultivado a campo abierto o bajo condiciones de invernadero. (fichas.infojardin.com/.../matthiola-incana-alheli-de-invierno-aleli-encarnado.Htm).

Actualmente las variedades de esta especie son principalmente: variables seleccionables y variables no seleccionables.

Las Variedades Seleccionables son aquellas que, en un estado temprano de su vegetación, es posible distinguir las plantas que producirán flores dobles de las plantas que producirán flores sencillas. Eliminando estas últimas, en el momento del aclareo o repicado, tendremos, en teoría, plantas que todas darán flores dobles (100% dobles).

Variedades No Seleccionables Son aquellas variedades en las que, en ningún momento de su ciclo de cultivo, antes de la floración se manifiestan, ó

es posible provocar, características diferenciales entre las plantas que producen flores dobles y las que producen flores sencillas. Por tanto, no existe la posibilidad de seleccionar las plantitas que dan únicamente varas con flores dobles (Verdegue, 1999).

El Alhelí es una especie que, para conseguir la mejor calidad, debe cultivarse en invernadero, sin necesidad de calefacción en zonas con temperaturas suaves en invierno. En las condiciones de la Comunidad Valenciana y en México se pueden obtener alhelíes de buena calidad desde noviembre a mayo. Por otra parte, cabe destacar también que el alhelí es una planta entre cuyas plagas no hay ninguna que requiera frecuentes tratamientos fitosanitarios (Verdegue, 1999).

Características generales del cultivo

El Alhelí es una planta con raíz pivotante; tallo erguido que puede ser ramificado o no según la especie puede llegar a medir hasta 80 cm de altura y tiene una base algo leñosa. Sus hojas son enteras, lanceoladas o irregularmente laciniadas, obtusas de color verde o verde grisáceo pero con un peciolo muy corto y su posición sobre el tallo es alterna. Las flores son axilares, pueden ser sencillas o dobles agrupadas en una inflorescencia de colores variables (blanco, amarillo crema, rojo, rosa y violeta).

Germinación de semilla

A.O.S.A., (1981). Para el fisiólogo de las semillas la germinación se define como la emergencia de la radical a través de la cubierta de la semilla. Para el analista de semillas es la emergencia de la radical y el desarrollo en el embrión de aquellas estructuras que para la semilla en cuestión, son indicativas de la habilidad de producir bajo condiciones favorables una planta normal.

Meza (1965), define germinación como el brote y desarrollo de las estructuras especiales del embrión, que dependiendo de la clase de la semilla de que se trate indica la capacidad para producir una planta normal en condiciones favorables. No deben considerarse como germinadas las plantitas de semillero rotas, débiles, mal formadas o claramente anormales.

Thomson (1979), menciona que la germinación puede ser hipogea cuando los cotiledones permanecen bajo el suelo y la plúmula es llevada a la superficie por la elongación del epicotilo, es decir, el tallo por encima de los cotiledones o esculeto. Epigea, cuando los cotiledones emergen a la superficie del suelo, entonces, se vuelven viroles y funcionan durante un cierto tiempo como hojas foliares, contribuyendo al crecimiento de la planta mediante la fotosíntesis.

Porcentaje de germinación

Bonner *et al.* (1994), la define como la proporción de una muestra de semillas que han germinado normalmente en un periodo específico de prueba, por lo general expresado en porcentaje.

Emergencia

Chávez (1994), menciona que la emergencia es la etapa en la que la planta después de haber germinado, comienza a desarrollar las hojas embrionarias las cuales se alargan y se hinchan con la humedad.

La emergencia es el siguiente paso después de la germinación que la plántula realiza al romper la superficie o el sustrato (Krugman, 1974).

Factores extrínsecos

Agua

Meza (1965), menciona que el agua es uno de los requisitos esenciales para la germinación de las semillas antes de que pueda proseguir el crecimiento ya que es necesaria para los procesos tanto físicos como químicos que se dan en las semillas en germinación.

El agua es imprescindible para la vida de la planta. El aportar el agua en la cantidad, calidad y frecuencias adecuadas es uno de los secretos de un buen cultivo de plantas ornamentales. Hay que tener en cuenta que la maceta tiene un volumen muy limitado para las raíces y para el almacenamiento de agua, por lo que el riesgo de marchitamiento, pérdida de hojas e, incluso muerte de la planta es alto (Jiménez y Caballero, 1990).

Temperatura

La temperatura es uno de los factores más importante que regula la germinación y el crecimiento subsecuente de las plántulas (Hartmann y Kester, 1989).

Meza (1965), nos dice que la temperatura afecta a las cantidades de reacciones químicas, la absorción de agua y el consumo de oxígeno de las semillas.

El alhelí tiene un rango de temperatura óptima para un crecimiento saludable va desde 5°C a 23°C, siendo el ciclo de cultivo más largo cuando las temperaturas son bajas y más corto cuando son altas. La calidad de la vara floral es mayor a temperaturas bajas. Este puede soportar peor las temperaturas altas que las bajas, así, por encima de 25°C las plantas crecen menos y las varas florales son de mala calidad (cortas y con pocos botones florales), con temperaturas por debajo de -3°C la calidad es muy baja y puede quedar el brote floral sin botones (Verdegue, 1999).

Luz

La luz inhibe la germinación de algunas clases de semillas mientras que las mayorías de las semillas necesitan esta para que se produzca una germinación completa (Meza, 1965). El efecto de la luz sobre las semillas depende de condiciones internas de estas y de algunos factores externos como la temperatura bajo la cual germinan (Krugman, 1974).

También sin lugar a duda es el factor más fácil de medir y de controlar. Es necesaria para el proceso más importante de los vegetales la fotosíntesis. Su influencia puede ser distinta según su composición, su intensidad o la longitud del periodo de iluminación (Jiménez y Caballero, 1990)

Fotoperiodo

Bidwell (1991), afirma que el periodo capacita a la planta, a la longitud del día de manera que florece en una época específica del año, determinada por las horas luz de los días (fotoperiodo), que junto con la vernalización son los dos mecanismos más importantes que determinan el tiempo que debe transcurrir hasta la floración.

El fotoperiodo crítico debe ser como y no; para las especies de día corto, es aquella duración del día que si se excede causa demora en la floración. En especies de día largo, es aquella duración del día que si está por debajo de sus requerimientos necesarios, presenta un retraso en la floración (Fuentes, 1978).

Se evaluó la influencia de los diversos flujos de fotones fotosintéticos (PPF) y el fotoperiodo sobre el crecimiento y el desarrollo de plantas de Happipot y Gerbera jamesonii "Tempo" durante dos períodos experimentales: Otoño-Invierno 1987, y el invierno-primavera de 1988. Se observó que el alumbrado suplementario aumentó significativamente el crecimiento, el desarrollo y el florecimiento de ambos cultivares de Gerbera. La PPF diversos tratamientos (30, 60 y 90 $\text{mmol m}^2\text{s}^{-1}$ para el fotoperiodo de 16 hr y 60 $\text{mmol m}^2\text{s}^{-1}$ para 20 hr de fotoperiodo), no solo aumentó significativamente el crecimiento vegetativo y una mayor floración, pero también acortó el tiempo de producción en comparación a las plantas cultivadas bajo condiciones de luz ambiental (control). En ambos estudios, un PPF de 90 $\text{mmol m}^2\text{s}^{-1}$ (fotoperiodo de 16 h) redujo el tiempo de producción de 23 días para Happipot y 11 días en el tiempo (Gagnon, y Dansereau, 1990).

El alhelí es una planta de día largo por lo que la formación de los botones requiere que las plantas tengan unas 14-16 horas de duración del día (Verdegue, 1999).

Muchas plantas son sensibles a la longitud del día. El día más corto lo tenemos el 21 de diciembre y el más largo el 21 de junio; esta longitud del día depende a su vez de la latitud.

Medio de cultivo

Arsorena (1994), menciona que el suelo mineral es el medio de cultivo universal para el crecimiento vegetal y que este sirve de soporte o anclaje a la

planta además de suministrar a las raíces unas cantidades equilibradas de aire, agua y nutrientes minerales.

Por otra parte Resh (1987), determina que la elección del medio de cultivo se ve influenciada según la disponibilidad de este, costo, calidad y el tipo de método de cultivo hidropónico que vaya a ser empleado.

El Alhelí puede ser cultivado con éxito en una gran diversidad de suelos, mientras sean suficientemente permeables. Prefiere suelos ligeramente pesados, fértiles, bien drenados y provistos de calcio. El pH, para el mejor desarrollo del cultivo, debe estar entre 6,5 y 7,5 (Verdegue, 1999).

Sustrato

Se denomina sustrato a cualquier material sólido, ya sea natural o artificial, que colocado en un contenedor, puro o mezclado con otros, permita el desarrollo del sistema radicular y que actúe como soporte de la planta y adicionalmente, puede intervenir o no en el proceso de la nutrición vegetal (Bures, 1997).

Gran parte del éxito en la producción de plantas en maceta requiere una comprensión del ambiente único encontrado en la maceta y como este es afectado por las propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados, así, también de una adecuada fertilización (Cabrera, 2002).

Para realizar una buena elección de plantas para maceta se deben de tomar en cuenta varias características del cultivo que la planta demanda, entre las que destacan la adecuada relación entre el tamaño (altura, anchura y peso), de la parte aérea de la planta y el tamaño de macetas (diámetro y peso) (Leszcynska y Bory, 1993).

Peat moss

El Peat moss o turba es un término general para muchos componentes separados y muchas otras mezclas de que se dispone comercialmente.

Todas las turbas son pobres en minerales, requiriendo de fertilizantes para mantener el crecimiento de las plántulas (Venator y Liegel, 1985).

Vermiculita

Es un mineral con estructura de mica y se prepara expandiendo por calor en hornos a temperaturas cercanas a 2000 °F. El agua se convierte en vapor, separándose los estratos y formando trozos pequeños y porosos como esponjosos, como la forma de una semilla.

Perlita

La perlita tiene una estructura celular cerrada, superficie rugosa, lo que hace de este material un material con una alta capacidad de retención de agua en la superficie de las partículas siendo liberada a muy bajas tensiones, como resultado se ha encontrado que la elaboración de mezclas de perlita con otros materiales, permiten tener un suficiente espacio de aireación (Bunt, 1998).

Reguladores de Crecimiento

Las sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas, desempeñan un papel muy importante en el crecimiento y desarrollo de los vegetales. Tanto los estudios experimentales como los resultados de las investigaciones básicas, han recomendado el empleo de sustancias sintéticas de crecimiento en la agricultura. En la actualidad, los reguladores se utilizan ampliamente en el control de malas hierbas, del desarrollo de los frutos, defoliación, propagación y control del tamaño.

Los reguladores de las plantas son compuestos orgánicos, diferentes de los nutrientes, que en pequeñas cantidades, fomentan, inhiben o modifican de alguna manera cualquier proceso fisiológico vegetal, el término “hormona” empleado correctamente se aplican exclusivamente a los productores de las plantas; sin embargo el término “regulador” no se limita a los compuestos sintéticos si no que puede incluir también hormonas naturales (Weaver, 1987).

Las fitohormonas son reguladores producidos por las plantas las cuales en bajas concentraciones regulan los procesos fisiológicos vegetales. Por otra parte el término fitorregulador equivale al término fitohormona. Así mismo un fitorregulador puede ser natural o sintético, endógeno si se produce en la misma o exógeno si se aplica externamente.

Hormonas de crecimiento

Conocemos que el crecimiento de una planta, nos solo está regulado por las sustancias minerales absorbidas por las raíces y por los hidratos de carbón sintetizados en las hojas, sino también que por ciertas sustancias químicas especializadas que actúan como específicos determinantes del crecimiento. Estos agentes de carácter químico reciben el nombre de hormonas vegetales o fitohormonas y son sustancias orgánicas activas que aun en pequeñas cantidades se producen o forman en un determinado tejido u órgano, y pasan a otros lugares donde provocan efectos especiales sobre el crecimiento.

Las hormonas vegetales o fitohormonas, son sustancias producidas por las mismas plantas que, en bajas concentraciones, regulan los procesos fisiológicos de aquellas, y que tienen acción en algún lugar de la planta distinto donde se produce (Rojas, 1985 y James, 1967).

Clasificación y tipos de hormonas vegetales

Actualmente se conocen cinco grupos de hormonas vegetales más importantes de las cuales tres son consideradas como promotoras del crecimiento de las plantas, siendo estas las auxinas, las giberelinas y las citoquininas; y los otros dos grupos (ácido abscísico y etileno) son llamados inhibidores del crecimiento o de otro proceso vegetal (Weaver, 1982).

Giberelinas

Aspectos históricos de las giberelinas

Las giberelinas las descubrieron los Japoneses, en resultados de sus observaciones e interés por la enfermedad “bakanae” del arroz (*Oriza sativa*). El descubrimiento de las giberelinas se atribuye a Kurosawa (1926), un fitopatólogo que estudio las enfermedades del arroz, en Formosa. Las plantas infectadas en un periodo tenían con frecuencia una altura que superaba en un 50% o más la de las plantas sanas adyacentes; pero formaban menos semillas. Así, se dio el nombre bakanae (plántula loca) a la enfermedad provocada por un hongo ascomiceto (la forma sexual se denomina *Gibberella Fujikuroi* y a la etapa sexual *Fusarium moniliforme*). Kurosawa (1926), descubrió que en el medio en que el hongo se desarrollaba estimulaba el crecimiento del arroz y del maíz, aun cuando estas no estuvieran infectadas por el hongo. No obstante, en 1935, Yabuta obtuvo una preparación activa a la que denominó giberelina, en base al hongo de que se había aislado.

Las giberelinas se definen como un compuesto con estructura Gibbane y estimulan la división celular, más de un 52% de las giberelinas son extraídas de cultivos fungosos o materiales vegetales.

Usualmente las semillas, son estructuras químicas complejas, las cuales son difíciles de sintetizar y estas son producidas comercialmente por medio de cultivos fungosos similares de donde se obtienen los antibióticos, el más conocido y usado es el GA. Pero existen otros tipos de giberelinas, siendo las más comunes: GA₁, GA₃, GA₄, GA₇ y GA₉.

Varios bioensayos y técnicas han sido desarrolladas para detectar la presencia de giberelinas incluyendo dramáticas respuestas como el disparo de elongación de ciertas plantas (Weaver, 1976).

Desde los años 50's se han demostrado que las giberelinas están involucradas en múltiples respuestas de las plantas, incluyendo la reducción en tiempo de germinación, estimulación enzimática de la hidrólisis de las reservas del almidón.

Aspersiones de giberelinas inducen la floración en muchas plantas que normalmente requieren de vernalización o días largos para el desarrollo de las flores (Lang, 1957).

Aparentemente las giberelinas no es la hormona clásica de la floración. Además la naturaleza de la floración inducida por las giberelinas es no típica, por ejemplo, en las plantas de día largo las giberelinas invariablemente induce

la elongación de los tallos primero y luego de floración, las concentraciones requeridas para hacerlo normalmente son relativamente altas (RAPPART, 1978).

Las giberelinas, como las auxinas, provocan el alargamiento de las células, especialmente en los tallos primarios. Pueden también tener numerosos defectos sobre el crecimiento que aparte de los de elongación de las células, son distintos de los efectos de la auxina. Estimulan la germinación y terminación de la latencia; pueden convertir las variedades enanas (guisantes enanos) en plantas de buen desarrollo e incrementar el crecimiento de hojas, especialmente en monocotiledoneas (James, 1967).

Esta hormona ha sido detectada en gran variedad de partes vegetales, por lo que parecen estar sintetizadas en muchas partes de las plantas, pero más específicamente en áreas de crecimiento activo, como embriones o tejidos en desarrollo o meristemáticos. Ciertos experimentos indican la cantidad de GA presente en la planta es mucho mayor en la proximidad del ápice, más que por cualquier otra estructura (hojas jóvenes, embriones, etc.).

Además son transportadas rápidamente dentro de la planta, este transporte parece no ser direccional, pues se mueve con la misma facilidad tanto acropetala como basipetalamente. Esta traslocación es llevada a cabo tanto en floema como xilema, puesto que se han encontrado giberelinas trasladándose a una velocidad de 50 mm/hora en la savia floemática y xilemática (Hurtado, 1988).

Aspectos biológicos de las giberelinas

- ❖ El efecto más sorprendente de asperjar plantas con giberelinas es la estimulación del crecimiento.
- ❖ Pueden provocar la floración en muchas especies que requieren temperaturas frías, como son las zanahorias, la col y el nabo.
- ❖ Incrementan el tamaño de muchos frutos jóvenes como las uvas y los higos. Como también pueden terminar con el reposo de las semillas de muchas especies (Weaver, 1976).
- ❖ Las giberelinas actúan también sobre la floración induciendo partenocarpia y buen desarrollo del fruto. También tiene el efecto sobre la sexualidad aumentando el porcentaje de flores masculinas. Su uso afecta la germinación al inicio del desarrollo y la formación del fruto (Rojas, 1985).
- ❖ Casilli (1969), las plantas asperjadas en la etapa de 6 hojas o antes con el compuesto, en una concentración de 50 ppm de GA₃ podían cosecharse aproximadamente 60 días antes que las plantas testigo.
- ❖ Abou (1987), el efecto del ácido giberélico (GA₃) sobre el crecimiento vegetativo y de floración de *C. frutescens* L. es investigado. Las plantas

fueron rociadas con GA₃ en cualquiera de 250, 500 o 1000 ppm, tres veces durante las primeras etapas de crecimiento. El tratamiento con GA₃ aumento de la altura y el diámetro de la planta, el número de brotes por planta y la longitud de los brotes. GA₃ aceleró la floración y la disminución del número de inflorescencias por planta. El peso fresco y seco de follaje y raíces aumentó en respuesta a GA₃, pero el peso fresco de la inflorescencia disminuyo. La clorofila y carotinoides aumentaron por la aplicación GA₃.

Citoquininas

Las citoquininas son sustancias del crecimiento de las plantas, que provocan la división celular. Muchas citoquininas son exógenas y todas las endógenas probablemente de la adenina, que es una base nitrogenada de purina (Weaver, 1976).

Por otra parte se hallan en concentraciones generalmente inferiores a las restantes fitohormonas. Se han detectado tato en el floema como en el xilema y su transporte en la planta es por vía acopétala, desde el ápice de la raíz hasta os tallos, moviéndose a través de la savia en los vasos correspondientes al xilema. Los diferentes tipos de citoquininas son: Zeatina, Kinetina y Beziladenina. Es otra clase de hormonas endógenas naturales que al parecer controlan la germinación de las semillas probablemente a nivel de sistema de trascripción de DNA – RNA. En algunas plantas estos compuestos pueden anular la acción del Ácido absicico (ABA) en la inhibición de la acción de la giberelinas.

En la práctica agrícola, los efectos más notorios de las citoquininas se refieren a: inducción de iniciación del crecimiento en los tallos y en las ramas; el rompimiento del letargo de las yemas y semillas en muchas especies, y un efecto sobre el fenómeno de dominancia apical, aunque este es muy complejo y parece depender de un balance entre citocininas, giberelinas y auxinas (Rojas, 1985).

Aspectos fisiológicos de las citoquininas

- ❖ Los efectos fisiológicos causados por las citoquininas varían dependiendo del tipo de citoquininas y la especie de planta.

- ❖ Estimula la división celular y el crecimiento de yemas laterales.

- ❖ Promueven la movilización de nutrientes hacia las hojas y la germinación de la semilla y desarrollo de los brotes.

- ❖ Induce la partenocarpia en algunos frutos, promueve la expansión celular en hojas y cotiledones y producen la conversión de etioplastos en cloroplastos mediante la estimulación de síntesis de clorofila.

Auxinas

Este grupo de hormonas cuyo nombre proviene del término griego y que significa “crecer”, le es dado a un grupo de compuestos que estimulan la elongación.

La auxina esta químicamente relacionada con el ácido indolacético (AIA) que la planta sintetiza a partir del aminoácido triptefano. Las auxinas influyen no sobre un solo, sino sobre muchos aspectos de crecimiento, inducen el alargamiento celular, promueven la inducción del cambium, promueven la producción de raíces sobre tallos y otras raíces; el desarrollo de frutos carnosos y/o retardan la caída de hojas y frutos (James, 1967).

Aspectos fisiológicos de las auxinas

- ❖ Estimulan la elongación celular, la división celular en el cambium en presencia de las citoquininas, a diferenciación de xilema y floema y la formación de raíces laterales y adventicias.

- ❖ Producen una curvatura de la punta de la planta hacia la luz, fototropismo.

- ❖ Reprimen el desarrollo de brotes axilares laterales manteniendo dominancia apical.

- ❖ Retrasan la senescencia de las hojas; pueden inhibir la abscisión de la hoja o el fruto.
- ❖ También estimulan el crecimiento y maduración de las frutas y el crecimiento de partes de la flor.

Ácido absicico

Se caracteriza por inhibir muchos fenómenos de crecimiento en las plantas superiores, y por estar asociada a la dormición de yemas y semillas, y como su nombre lo indica a la abscisión de hojas.

Esta hormona es diferente del resto ya que muestra efectos contrarios a las auxinas, giberelinas y citoquininas, es un potente inhibidor de crecimiento que juega un papel regulador en repuestas fisiológicas como: El letargo, abscisión de hojas y frutos, además del estrés hídrico.

Efectos fisiológicos del ácido absicico

- ❖ Inhibe el crecimiento: estimula el cierre de estomas (el estrés hídrico produce un aumento en síntesis del Ácido absicico,(ABA)).
- ❖ Dormición de yemas y semillas.

- ❖ Promueve la senescencia de las hojas (por efecto propio o estimulación de biosíntesis de etileno); inhibición de la síntesis de RNA y proteínas.

Etileno

Es una hormona natural de la planta que se conoce en estado gaseoso en condiciones normales de presión y temperatura. Se produce en casi todos los órganos de las plantas superiores, aunque la tasa de producción depende del tipo de tejido y su estadio de desarrollo.

Aspectos fisiológicos del etileno

- ❖ Promueve la maduración de frutos; favorece la epinastia de hojas.
- ❖ Inhibe el crecimiento de la raíz y favorece la abscisión de hojas y frutos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del lugar

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo bajo condiciones de invernadero que se encuentra dentro de las instalaciones del Departamento de Horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se localiza en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. A una latitud Norte 25°23'42", longitud Oeste 100°50'57" y a 1743 msnm.

Para su realización se utilizaron los siguientes materiales:

Descripción del material vegetativo

Etapas 1: Germinación de semillas, se utilizaron 4800 semillas de Alhelí Cuarenteno, para 24 charolas de 200 cavidades, para los diferentes tratamientos.

Etapas 2: el material vegetativo utilizado fueron 448 plántulas de Alhelí Cuarenteno en macetas de 6" de diámetro, de acuerdo a los tratamientos.

Descripción de los tratamientos

Para la etapa 1: Germinación de semillas, se obtuvieron 8 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, donde a la mitad de los tratamientos se le aplicó iluminación suplementaria, donde se aplicó Ácido Giberélico bajo un sistema de germinación por flotación.

Para la etapa 2: Desarrollo del cultivo, se obtuvieron 112 repeticiones en total, donde a la mitad de las repeticiones se le puso luz suplementaria y se aplicó el producto químico Ácido Giberélico (GA_3).

Cuadro 3.1 Descripción de tratamientos

TRATAMIENTOS	PRODUCTO	DOSIS
SIN LUZ		
0	Testigo	0 ppm
0	GA_3	10 ppm
0	GA_3	40 ppm
0	GA_3	100 ppm
CON LUZ		
1	Testigo	0 ppm
1	GA_3	10 ppm
1	GA_3	40 ppm
1	GA_3	100 ppm

Diseño experimental

Etapa 1: Germinación de semillas, se realizó en el mes de octubre del 2009, en 24 charolas de 200 cavidades, sobre (50% Vermiculita y 50% Peat moss), bajo un sistema de flotación y con luz suplementaria a la mitad de las charolas de 10:00 pm – 12:00 pm, hasta haber terminado de germinar todas las semillas.

Etapa 2: se realizo en el mes de noviembre del mismo año, en macetas de 6" de diámetro las cuales se llenaron con una relación de 1:1:1 (Tierra, Peat moss y Perlita). Las cuales contaron con 4 plantas cada una, se aplico luz suplementaria a la mitad de las unidades experimentales de 10:00 pm – 12:00 pm, hasta el comienzo de la floración. En ambos procesos el riego fue manual cada tercer día.

Cuadro 3.2. Diseño completamente al azar con arreglo factorial: A*B

A	B
SIN LUZ	
0	0 ppm
0	10 ppm
0	40 ppm
0	100 ppm
CON LUZ	
1	0 ppm
1	10 ppm
1	40 ppm
1	100 ppm

Diseño estadístico

Diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial A*B

Modelo estadístico:

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

Donde:

i= 0, 10, 40,100: niveles del factor A

j= 0,1: niveles del factor B

k= Repeticiones

El análisis de varianza se realizó con ayuda del programa estadístico SAS (Statistical Analysis System): versión 9, 2002. De igual manera para cada una de las variables se realizaron pruebas de comparación de medias correspondientes, con el fin de agrupar a los tratamientos estadísticamente iguales mediante la prueba de Tukey $\alpha=0.05$.

VARIABLES EVALUADAS

Etapa 1: Germinación de semillas

Número de semillas germinadas

Se empezaron a tomar datos visualmente desde que apareció el primer epicotilo sobre la superficie del sustrato. Esta medición se realizó diariamente hasta que ya no hubo emergencia en las charolas.

Peso fresco de plántula

Se tomaron 10 plántulas de cada tratamiento, para luego ser pesadas en una balanza analítica, registrando los datos en gramos.

Peso seco de plántula

Después de haber pesado las 10 plántulas en húmedo estas se llevaron a secar en una estufa, a 25°C durante 2 días para luego ser pesadas en una balanza expresando los datos en gramos.

Diámetro de tallo de plántula

Esta variable se midió con un vernier digital, la medición se hizo colocando el vernier en la parte basal del tallo de la plántula para tomar la medida, expresada en milímetros, este dato se tomó al momento del proceso de transplante.

Altura de plántula

Esta variable se midió desde el origen del tallo hasta el crecimiento la primera hoja verdadera, ya que se evaluó al momento del transplante, se utilizó una regla y el resultado se expresó en centímetros.

Número de hojas por plántula

Se contabilizaron el número de hojas de cada plántula, de las semillas que germinaron.

Etapas 2: Desarrollo del cultivo

Diámetro de tallo de planta

Esta variable fue determinada con un vernier digital, la medición se hizo colocando el vernier en la parte basal del tallo (al ras del suelo), expresada en milímetros.

Altura de planta

Se midió desde el origen del tallo hasta el crecimiento apical del tallo principal, se utilizó una cinta métrica y el resultado se expresó en centímetros.

Número de flores por planta

Se contaron de manera individual todas las flores de cada planta, esta se realizó con las flores abiertas y a punto de abrir o que se encontraran bien definidas de cada repetición y de cada tratamiento.

Número de brotes por planta

Para el número de brotes se hizo un solo conteo de las ramificaciones secundarias que salieron en el transcurso del ciclo.

Longitud de flor

Para los datos de esta variable se medio cuando los botones florales estuvieran unos abiertos y otros por abrir. El cual se expreso en centímetros.

Diámetro de planta

Consistió en medir de forma transversal la planta para tener menor margen de error se midió con una regla de 30 centímetros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de flores ornamentales manejadas en contenedor o maceta durante su crecimiento y desarrollo de las plantas se ven afectadas por diversos problemas durante su manejo. Por esta razón, es vital e importante que el productor tenga los conocimientos y tecnologías, que ayuden a incrementar los rendimientos de los cultivos, como es el caso del cultivo de Alhelí para tener una máxima calidad y un aspecto atractivo de las plantas.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la investigación, se procedió a analizarlos de manera individual por variable y en base a un análisis de varianza de cada una de ellas, en dos diferentes etapas:

ETAPA 1: GERMINACIÓN DE SEMILLAS

En esta etapa la germinación requiere que la semilla, se encuentre en buen estado es decir que sea viable y que además reciba condiciones ambientales propicias, como sería temperatura, aire y agua. En el primer paso de la semilla es absorber agua (aunque ésta no sea viable), produciendo un reblandecimiento en la cáscara o capa protectora, y se inicia el proceso enzimático que activa el crecimiento de la raíz y ésta empieza a alargarse, es en este periodo cuando las reservas alimenticias van al embrión y el proceso da como resultado la etapa final de la germinación, “la aparición de la plántula”. La importancia de esta etapa en la semilla es vital, pues si no hay germinación no hay planta y sin planta no hay cosecha.

Número de semillas germinadas

Al poner a germinar semillas de cualquier especie es importante que alcancen y germinen el mayor número de ellas ya que de esto depende en gran medida alcanzar lotes grandes de plantas en desarrollo y por lo tanto los ingresos alcanzados para los productores además de ser un indicativo de cuantos insumos tendrá que conseguir para la fase de desarrollo de ese número total de plántulas germinadas. Por lo tanto se tiene que tomar todos los cuidados posibles para tratar de mantener un número elevado de semillas germinadas, en el cual durante su proceso que dura la germinación se pueden distinguir tres etapas. En la primera que duro alrededor de 12 h, se produjo una rápida absorción de agua por la semilla. Le siguió un periodo de aproximadamente 40 h durante el cual no se observo ningún cambio en la anatomía ni en la actividad metabólica de las semillas. Posteriormente la semilla comienza absorber agua de nuevo, iniciándose la etapa de crecimiento asociada con la emergencia de la radícula (Nuez, 1995).

De acuerdo al análisis del ANVA realizado (Cuadro A.3), se observo que no existió diferencia significancia entre las diferentes dosis lo cual también se muestra al, realizar la comparación de medias mediante (Tukey, $\alpha=0.05$), en donde se obtuvo que las dosis están conformadas por un nivel A, por lo cual se dio poca variación entre ellos, siendo el testigo (utilizando solamente agua) quien obtuvo la media mayor de 39.333 de germinación, en último lugar con la dosis de 40 ppm de concentración del producto alcanzo una media de 33.333 de germinación (Figura 4.1). Sin embargo tampoco existieron diferencias significativas entre los factores cuadrados (dosis e iluminación suplementaria), pues se considera que puede no ser un factor que impida una rápida germinación de la semilla, ya que normalmente esta característica depende en gran medida de la capacidad de producción de raíces de la propia especie

siendo esto una característica propia de la especie, es decir que ninguno de estos factores es esencial para generar una buena germinación en cada una de las especies utilizadas, ya que este proceso de desarrollo en la semilla, también dependerá de las condiciones climáticas y de la variedad del cultivo. Además de que el proceso de germinación esta, al menos en parte, bajo el control genético y puede ser más rápido en semillas de tamaño pequeño (Nuez, 1995).

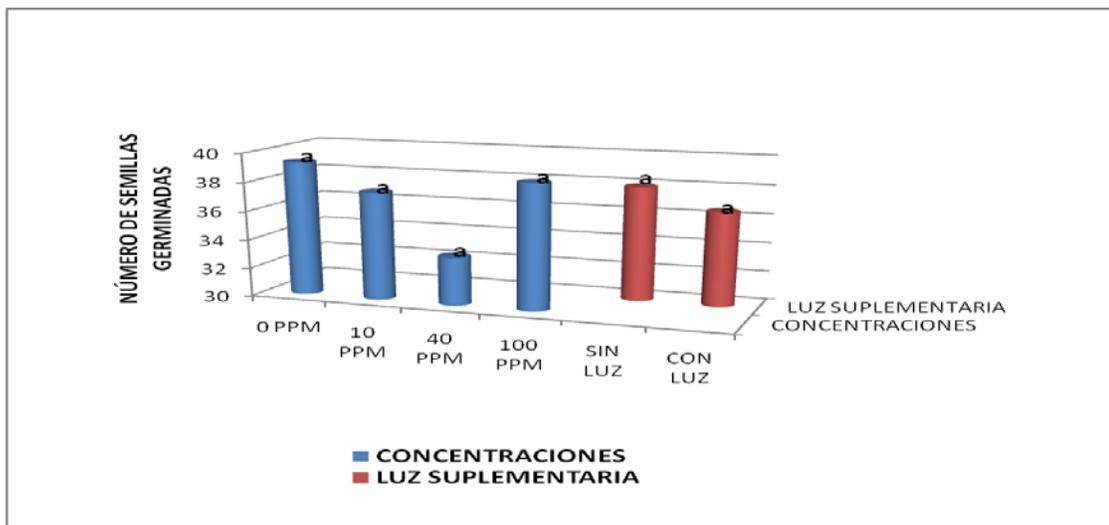


Figura 4.1. Comparación de medias en relación a los factores para la variable número de semillas germinadas del cultivo de Alhelí.

Peso fresco de plántula

En flores de maceta, el peso desempeña un papel importante, ya que representa las reservas para llevar a cabo la respiración y otras funciones fisiológicas. Además que indica la influencia sobre la nutrición. Lo cual trae como consecuencia que otras etapas durante el desarrollo pueden beneficiarse y así obtener con ello una mejor calidad en general del cultivo.

Los resultados del ANVA (cuadro A.4) muestran que existe una diferencia altamente significativa entre las dosis utilizadas de AG₃, (Cuadro A.2)

y también se manifiesta al realizar la comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$), en donde el tratamiento conformado por la dosis de mayor concentración a 100 ppm de AG₃ aplicado, sobresalió de los demás tratamientos un peso fresco total de 0.48533 g.

Es decir que podría en un momento dado influir y evidentemente probable serviría para mejorar la cantidad y calidad de plántulas, en donde al usar métodos que ayuden a la obtención fácil y rápida de plantas, durante el de propagación utilizada para la producción de plántulas (Hartmann *et al.*, 1992).

Sin embargo considerando que en las plantas superiores la mayor parte del material vegetal esta constituido por agua el cual alcanza valores entre 80 y 95%, y además el agua se encuentra a diferentes proporciones dentro de la planta, dependiendo de la actividad metabólica de cada una de sus partes (Mengel y Kirkby, 1987).

Se observo además que si existe efecto conjunto entre las dosis y la ausencia de luz suplementaria, pues ello muestra que el peso húmedo alcanzado puede ser de hasta 0.37195 g, cuyo resultado al no colocar iluminación a las plantas durante el periodo de germinación puede variar con respecto al tratamiento con iluminación mismo que puede alcanzar un peso de 0.33112 g. (Figura 4.2). Esto conduce probablemente que al incrementar la dosis de AG₃ se alcanzara un mayor peso y por lo tanto mejor calidad de plántula las cuales reflejaran una mayor calidad de plantas en desarrollo y por lo tanto mayores precios de mercado lo cual beneficiara económicamente a los productores.

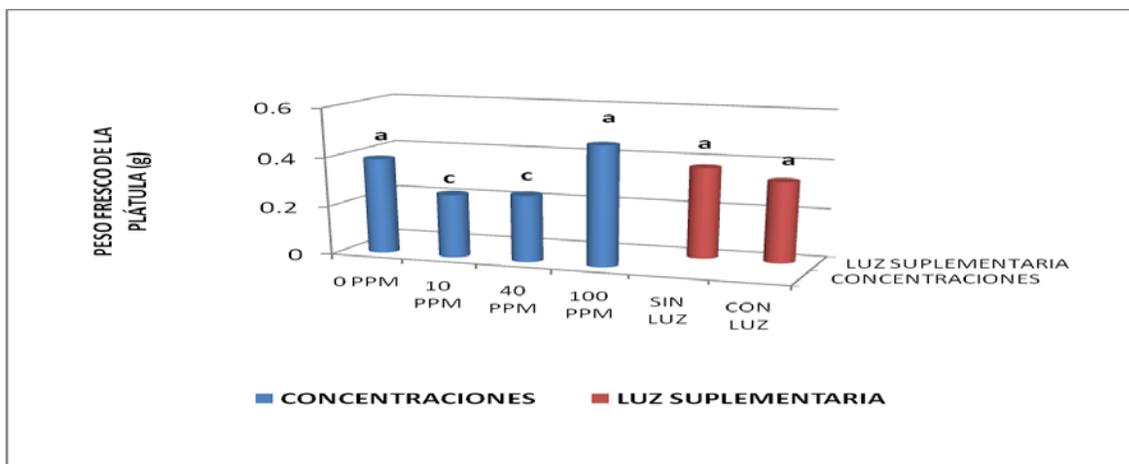


Figura 4.2. Comparación de medias en relación a los factores para la variable peso fresco de plántula de Alhelí.

Peso seco de plántula

En los resultados correspondientes el ANVA mostró que la diferencia significativa es alta entre las dosis utilizadas de AG_3 (Cuadro A.5) el mismo resultado también se manifestó en la comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$), donde sobresalió también el tratamiento con la dosis a 100 ppm de AG_3 alcanzando un peso seco total de 0.042345 g. Así mismo, el efecto conjunto entre las dosis y la ausencia de iluminación: la media observada es de 0.032403 g. (Figura 4.3), es decir que el efecto que causa la aplicación de luz sobre el peso seco puede ser indiferente igualmente al no aplicar luz directa sobre las semillas durante el proceso de germinación lo cual podría o no beneficiar el contenido total de materia seca de las plántulas.

Tanaka y Yamaguchi (1984), mencionan que la materia seca es el resultado final del proceso fotosintético y la respiración, en donde la parte de los carbohidratos producidos en este proceso son utilizados como material para generar la estructura básica de la planta.

Por lo tanto estos resultados probablemente indican que la hormona de crecimiento puede incrementar el desarrollo de la planta, induciendo un crecimiento aéreo o radicular, según las dosis aplicadas en esta etapa específicamente.

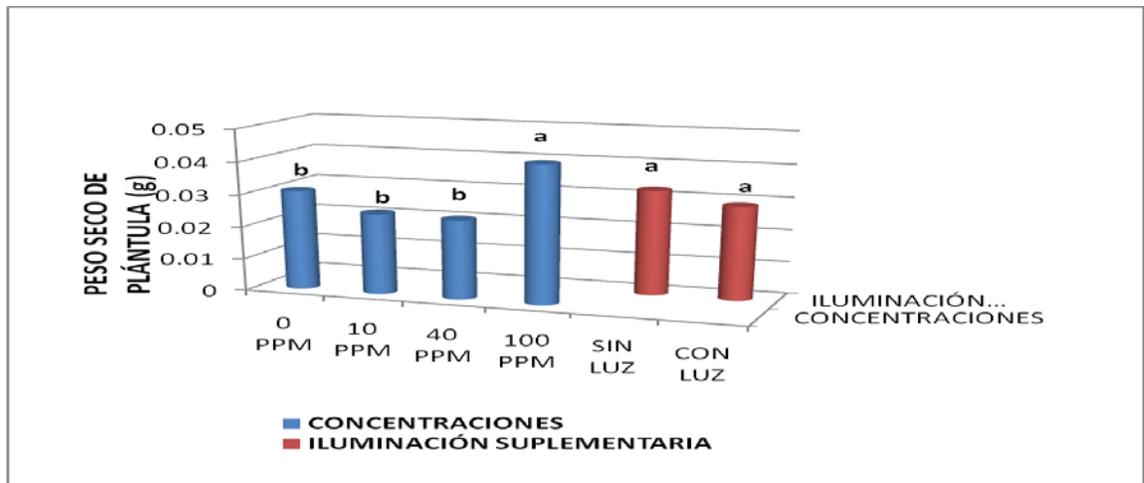


Figura 4.3. Comparación de medias en relación a los factores para la variable peso seco de plántula de Alhelí.

Diámetro de tallo de plántula

Con respecto a esta variable, se encontraron diferencias significativas entre las dosis (Cuadro A.6), con una confiabilidad del 6.302566%. La mejor respuesta en la comparación de medias se encontró con 40 ppm de AG_3 (1.28500 mm), en este caso posiblemente la aplicación de iluminación suplementaria, como las buenas condiciones climáticas que se presentaron y el manejo que se le dio pudo haber influenciado en este proceso de germinación de semillas, ya que al compararlo con el testigo se alcanzó un mayor diámetro de tallo de plántula (1.23321 mm) mismo que es importante para dar un mejor manejo durante el transplante, además es importante señalar que si existe una diferencia altamente significativa entre la presencia y la ausencia de la

iluminación suplementaria, (Figura 4.4). Y al analizar la interacción del efecto conjunto entre los factores, se observó que entre las dosis y la iluminación suplementaria si existe efecto conjunto con una media de 1.33411 mm, es decir que a mayor cantidad de luz aplicada el diámetro en las plántulas se incrementa con lo cual esta característica de un mejor diámetro es benéfica para el cultivo en general ya que ayudara de mejor manera al productor pues uno de los beneficios alcanzados podría ser el mejor manejo y la cantidad mayor de reservas que tendrán al momento del transplante, beneficiándose con ello una mayor cantidad de plantas generadas.

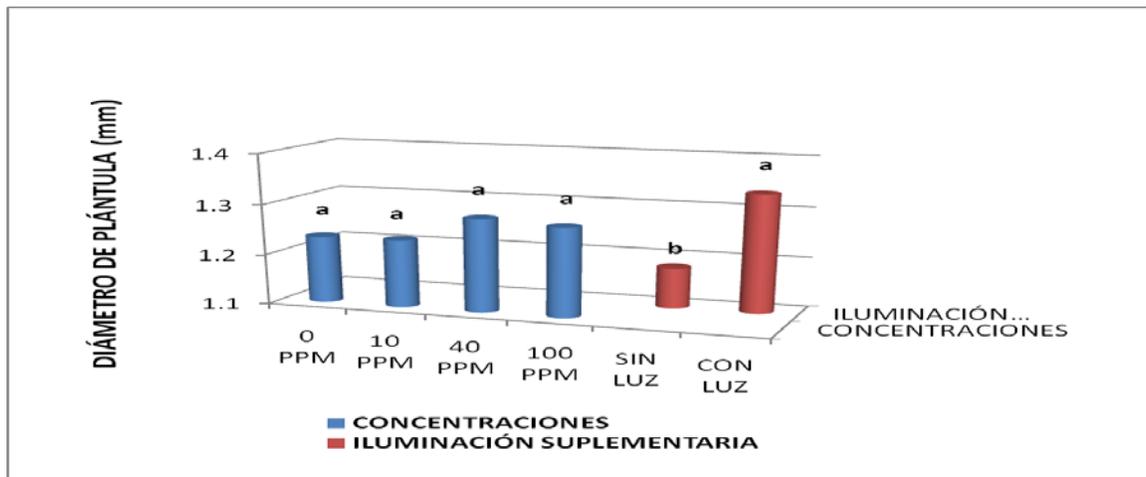


Figura 4.4. Comparación de medias en relación a los factores para la variable diámetro de plántula, en el cultivo de Alhelí.

Altura de plántula

En el cuadro A.7 se observó que entre las dosis existen diferencias altamente significativas, y al analizar las medias el promedio de altura de plántula (4.62321 cm), también fue mayor manejando una dosis de 100 ppm de AG₃, con respecto a los demás.

Suponiendo que los cambios que sufren la planta al pasar el tiempo están determinados tanto por factores internos heredados como factores ambientales (Ramírez, 1993), son muchos los elementos que interactúan para este desarrollo se de adecuadamente, en este caso, los cambios manifestados que tuvieron mayor efectividad en cuanto a la altura de plántula fue al utilizar la dosis de 100 ppm, probablemente la mayor concentración de ácido giberélico, hace que el desarrollo de la planta se acelere más rápidamente alcanzando mas altura en las plántulas beneficiando con ello la calidad de estos lo cual se reflejara de igual forma durante su desarrollo. De igual manera que el diámetro ayuda al manejo del cultivo la altura de plántula también es considerada cuando se realiza el Transplante, ya que la plántula debe de tener una altura propia de manejo (7 cm) considerable para llevarlo a cabo y no se tenga problema sobre todo de plántulas pequeñas con menor cantidad de follaje.

De igual forma se observo que hay efecto conjunto entre las dosis y la presencia de iluminación suplementaria, observando una media de 3.8964 cm de altura. (Figura 4.5), es decir, que la altura de planta se ve modificada con la aplicación de luz lo cual al aplicarse ayuda en la germinación de follaje ó material vegetal, es decir que se da una fase vegetativa en la planta.

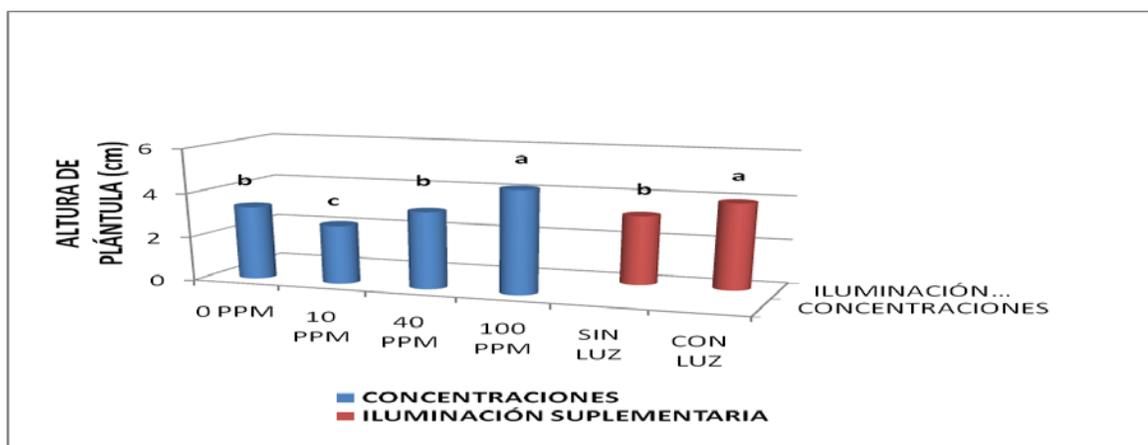


Figura 4.5. Comparación de medias en relación a los factores para la variable altura de plántula, en el cultivo de Alheli.

Número de hojas por plántula

El número de hojas representa el área foliar de la planta, se considera que a una mayor área será mayor la presencia fotosintética ya que la planta elabora más fotosintetizados, necesarios para llevar a cabo todas las funciones que requiere una planta durante su formación. Además es una característica importante de la planta en cuanto a la calidad se refiere como flor de maceta.

Para realizar el análisis de varianza de esta variable (ANVA) se observó que para el factor del uso de AG_3 (factor A) presento una diferencia altamente significativa (Cuadro A.8) en donde el mayor número de hojas en un total se alcanzó a una dosis de 100 ppm con 7.5268 y al final a 10 ppm el más pequeño que resultó con una media de 6.4107, como se muestra en la figura 4.6.

La respuesta a la combinación de AG_3 y la ausencia de iluminación suplementaria también demuestran la presencia de un efecto conjunto. Sin iluminación se puede llegar a tener una media de 7.0580 del total de número de hojas por planta.

El número de hojas por planta tiene una relación con el crecimiento y desarrollo de la misma. Esta diferencia entre el número de hojas juega un papel importante, dado que indica una mayor capacidad fotosintética, esto permite un mayor desarrollo de la planta. Por otra parte, al aplicar una mayor dosis (100 ppm), se tendrá un mayor número de hojas, sin embargo la iluminación no influye en un mayor crecimiento ya que al aplicar o no aplicar se obtiene una misma cantidad de hojas por plántula. También es importante señalar que la hormona de crecimiento a dosis diferentes dentro de esta variable se comporta de una forma similar a comparación del testigo, por lo que podemos decir que la aplicación de esta hormona tiene poco efecto sobre esta variable dentro de esta especie manejada, por lo cual es aconsejable utilizar dosis de 40 y 100 ppm.

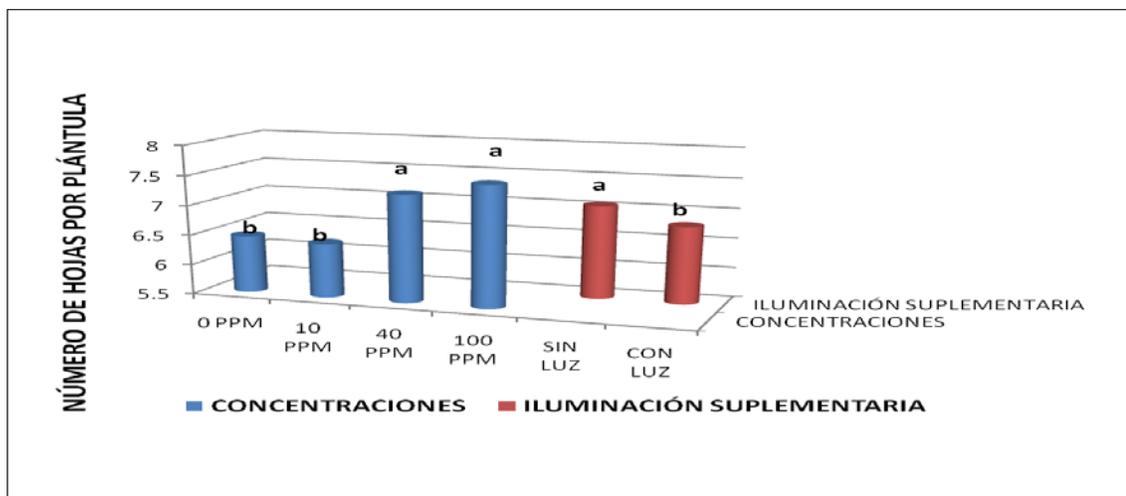


Figura 4.6. Comparación de medias en relación a los factores para la variable número de hojas por plántula de Alhelí.

ETAPA 2: DESARROLLO DEL CULTIVO

El desarrollo de cualquier especie depende siempre en gran medida del manejo y respuesta a las condiciones de su entorno de sus estructuras, en las cuales se desarrollan todas sus funciones (Fisiológicas y Metabólicas) por ello es importante determinar que o cuanto pueden ser afectadas durante todo el desarrollo de sus etapas vegetativas de las plantas por ello se considero esta segunda etapa de evaluación.

Diámetro de tallo de planta

En los resultados evaluados para esta variable mostrados en el ANVA (Cuadro A.9), existieron que si hay diferencias altamente significativas, observándose el incremento del diámetro del tallo al aplicar 40 ppm (4.2226 mm), y el testigo obtiene 4.1736 mm. Al hacer uso de AG₃ en general se observa la promoción del tallo, por lo que se considera que a mayor cantidad de giberelinas presentes provocan la estimulación en el tejido (Gastón y Davies, 1969).

Sin embargo, con el uso del factor iluminación muestra también una diferencia altamente significativa y al no aplicar iluminación suplementaria alcanza una media de 4.30366 mm de diámetro, que al aplicar iluminación con solo 3.74884 mm del diámetro del tallo, por lo cual no se encontró efecto conjunto entre los factores (Figura 4.7).

En las plantas el tallo cumple diferentes funciones importantes (conducción de agua, sustancias elaboradas, almacenamiento de reservas y de soporte a la parte aérea). El diámetro de este es un indicador muy importante ya que guarda una relación con su longitud, entre más largos son de mayor grosor, pero para plantas en maceta no se requiere de un tallo tan largo, sin embargo contara con menor cantidad de reservas, que hará que se produzcan en consecuencia tallos delgados y por lo tanto flores de mala calidad.

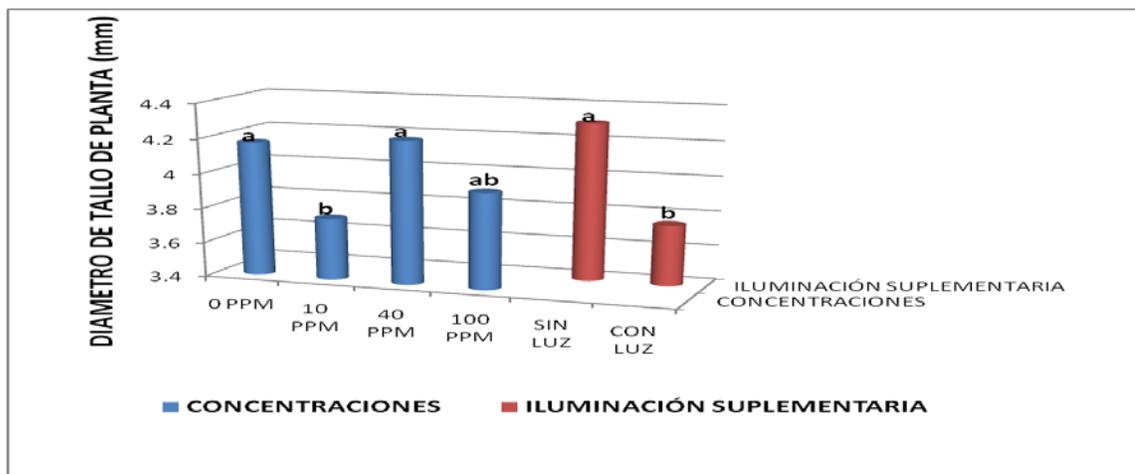


Figura 4.7. Comparación de medias en relación a los factores para la variable diámetro de tallo, en el cultivo de Alheli.

Altura de planta

La producción de plantas de ornato en macetas, se caracteriza principalmente por su bajo vigor (tamaño), pero siempre y cuando alcancen sus

índices de calidad para ser consumidas y comercializadas como flor de maceta, ya que los consumidores finales buscan siempre productos de calidad, aunque esto puede variar debido a la influencia de diversos factores.

Con base a lo anterior, los análisis realizados (Cuadro A 10) mostraron que existe una diferencia altamente significativa entre las dosis se observa además (Cuadro A 3), que la dosis con una mayor altura a 100 ppm de AG₃ fue 20.2000 cm. Así mismo también existe una diferencia altamente significativa cuando se aplicó iluminación suplementaria con una media de 17.7281 cm.

Por otra parte, en la interacción entre los factores de iluminación suplementaria y dosis de AG₃ fue altamente significativo lo cual con ello se muestra que la altura alcanzada en las plantas puede ser resultado del efecto que causa la luz sobre las plantas ya que obliga a estas comportarse de una forma vegetativa, es decir, genera una producción más alta de follaje en conjunto con las dosis altas (100 ppm de AG₃). Probablemente la luz promueve una elongación en los tallos florales como lo menciona Halevy (1984), cuando se sometieron los tallos florales de Alhelí a 2 horas de luz diarias, en este caso las plantas no responden al fotoperiodo. Sin embargo no se observó un alargamiento entre las plantas en su longitud o altura total, por lo que no concuerda con el rango normal de altura (30-60 cm) (Infojardin, 2010).

Los resultados obtenidos en las medias por factor indican también que se encuentran diferencias altamente significativas entre las diferentes dosis de AG₃, donde a 0 ppm alcanzó un crecimiento de 15.6920 cm, mientras que en la segunda dosis a 10 ppm obtuvo un crecimiento de 13.4661 cm, en la tercera dosis 40 ppm el crecimiento fue de 18.2732 cm y en la cuarta dosis de 100 ppm fue una altura de 20.2000 cm; para los resultados de factor iluminación suplementaria mostraron que el Alhelí no responde favorablemente al

fotoperiodo para obtener una mayor altura, pues aplicando iluminación suplementaria alcanzo 17.7281 cm y a las que no se le aplico iluminación suplementaria alcanzaron 16.0875 cm de altura de planta (Figura 4.8).

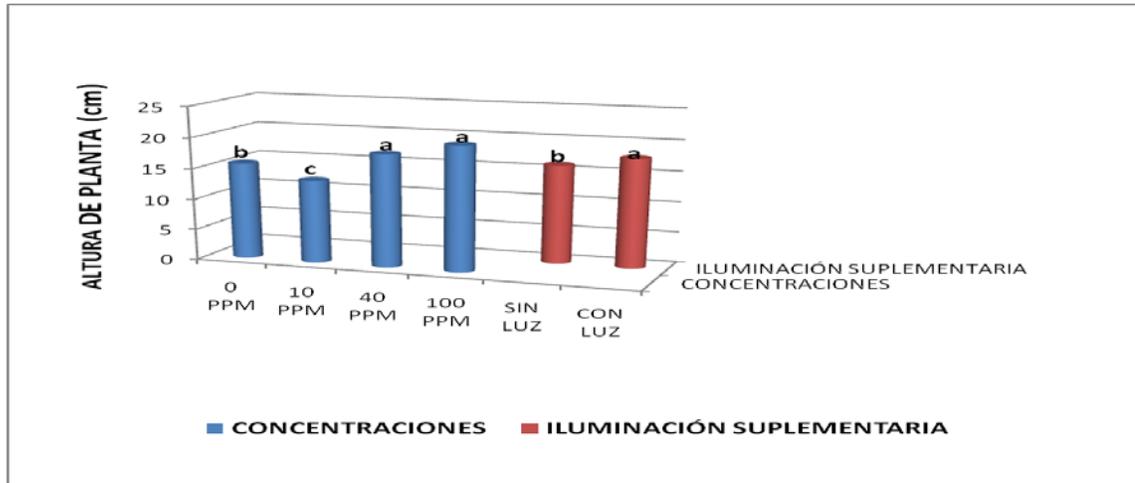


Figura 4.8. Comparación de medias en relación a los factores para la variable altura de planta, en el cultivo de Alhelí.

Número de flores por planta

El cultivo de Alhelí es apreciado por su consumo como flor de maceta y de corte, por este motivo es importante que cada vara floral contenga una mayor cantidad de flores, puesto que cuando se vende de alguna de estas dos formas tiene una mejor presentación al contener una mayor cantidad de flores por planta.

Se realizó el ANVA (Cuadro A.11) teniendo una diferencia significativa entre los tratamientos. Con relación a esta variable al aplicar diferentes dosis de AG_3 . Se encontró una mejor respuesta al aplicar 0 ppm (12.991) que en el resto de los tratamientos (100 ppm, 9.304), y al no utilizar luz suplementaria lo que indica posiblemente que el número de flores no se ve favorecido al aplicar

cantidades elevadas de esta hormona. Sin embargo, existió un incremento en su número total de flores ya que si hay diferencia significativa cuando no se aplica iluminación suplementaria y alcanza una media de 11.179 flores por planta y cuando se aplica iluminación suplementaria alcanza 7.688 flores por planta.

Aun a pesar de que la interacción conjunta entre la dosis e iluminación suplementaria muestra que no existe desde el punto de vista de producción, al analizar las dosis muestra que tampoco dependerá de una dosis para aumentar considerablemente el número de flores, como se muestra en la figura 4.9. Lo cual no coincide Verdeguer (1999) nos dice que para que una planta sea apta para comercializar debe de tener entre 30 y 40 flores, por lo que el número máximo en esta especie se alcanzaron 12.9 flores por planta.

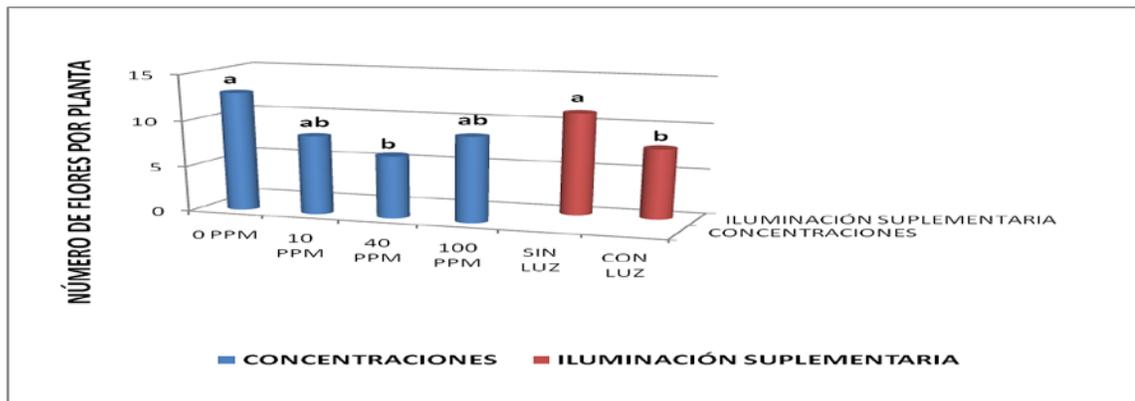


Figura 4.9. Comparación de medias para la variable numero de flores por planta en relación a los factores, en el cultivo de Alhelí.

Número de brotes por planta

En los cultivos de especies ornamentales como es el caso del Alhelí, alcanzar un número de brotes es de vital importancia para una buena presentación, ya que al manejarse como flor de maceta debe de tener una

buena calidad para que sea aceptada para su venta.

Al observar los resultados para esta variable, en el ANVA se encontró que no existe diferencia significativa entre las dosis, ya que al no usar ninguna dosis de AG_3 se obtiene una media de 1.01677 brotes por planta (Figura 4.10), ello muestra que el número de brotes no depende de una mayor dosis. Sin embargo, si hay una diferencia altamente significativa cuando no aplicamos iluminación suplementaria ya que alcanza una media de 1.00611 brotes por planta, como se observa en el cuadro A. 13.

Esto explica probablemente, que mientras las hormonas realizan un efecto positivo para el achaparramiento de las plantas, disminuye la producción de carbohidratos o energía que más tarde se verán influenciadas en los procesos de desarrollo productivo. Pero además que esta será siempre una característica genética, también posiblemente dependerá del efecto que realicen los reguladores aplicados a la planta, así como también la influencia de iluminación suplementaria, para que tengan sobre ellas un número de brotes adecuados para el desarrollo de la misma. Así mismo, el efecto conjunto entre las dosis e iluminación suplementaria si presentan respuestas significativas.

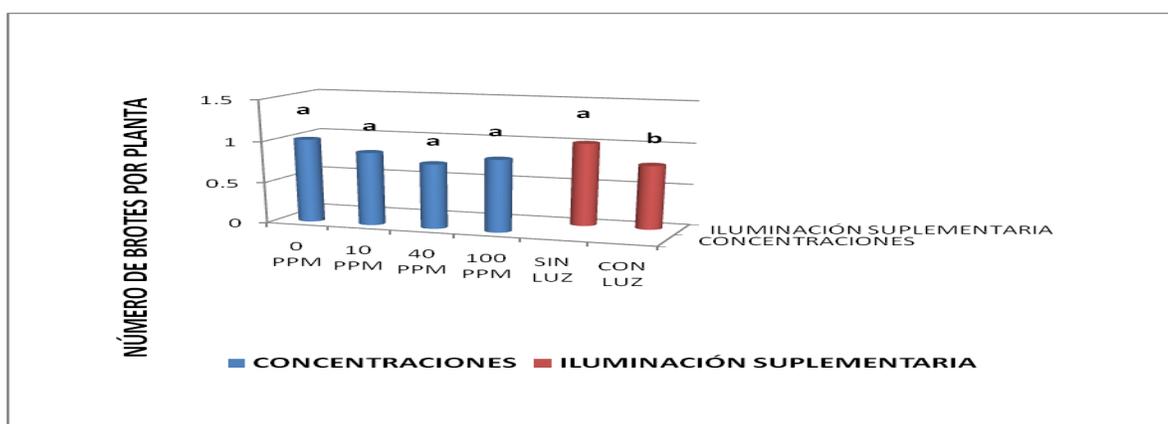


Figura 4.10. Comparación de medias por factor para la variable número de brotes por planta, en el cultivo de Alhelí.

Longitud de flor

Esta variable toma importancia comercial ya que a una mayor longitud, mayor será la calidad de la planta, dando estética y facilitando la comercialización como flor de maceta. Por eso existe una preocupación de los productores de ornamentales por producir plantas de calidad y así satisfacer la demanda de los consumidores finales.

De acuerdo al análisis del ANVA (Cuadro A.13), se observó que no existen diferencias significativas entre las dosis. Sin embargo, si hay una diferencia altamente significativa al no aplicar luz suplementaria ya que alcanza una media de 4.2138 cm de longitud.

El uso de algunos reguladores del crecimiento y su interacción con el medio ambiente permiten que las plantas de alhelí expresen mejor sus características genotípicas, debido a que intervienen en varios procesos fisiológicos en los cuales no afectan el desarrollo floral y así mismo se tenga una buena longitud de flor. Es recomendable que cuando se usen reguladores de crecimiento en la práctica, estos no deben de reducir en lo más mínimo la longitud de flor, sino no más bien y de preferencia que incrementen el tamaño de estas.

Además en la comparación por factor se observó que las dosis no influyen a la presencia del fotoperiodo, ya que no existe efecto conjunto, ya que esta variable es una característica genética de la planta (Figura 4.11).

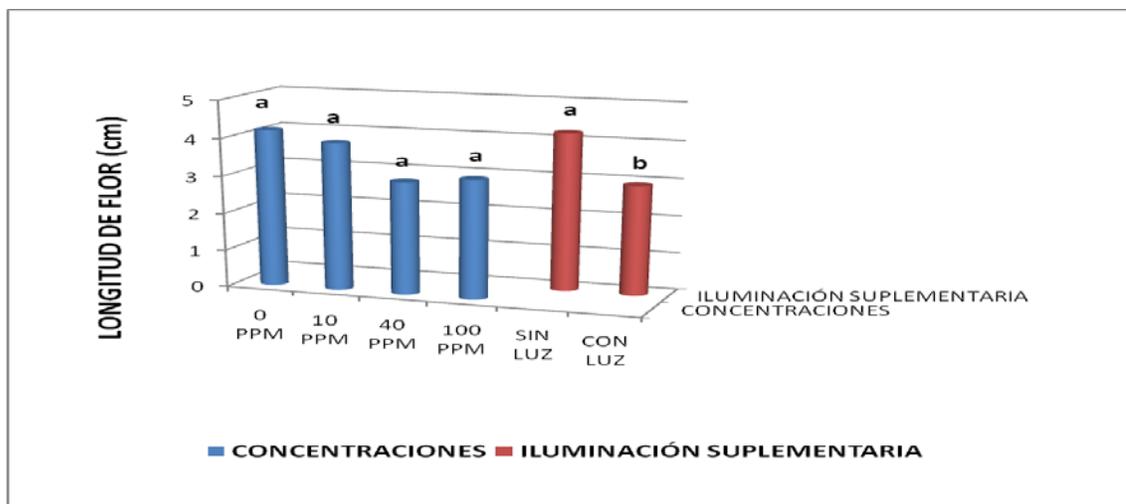


Figura 4.11. Comparación de medias por factor para la variable longitud floral, en el cultivo de Alhelí.

Diámetro de planta

El diámetro de la planta (parte aérea), esta parte de la planta cumple diversas funciones como es la de mantener reservas en las hojas, para obtener un mayor vigor durante su desarrollo como se requiere para plantas en maceta, ya que algunos consumidores prefieren plantas con mayor vigor, ya que genera una estética de calidad para su venta.

Por lo anterior, el análisis de varianza (Cuadro A.14) donde mostro que existe una diferencia significativa entre las dosis aplicadas, así mismo al comparar las medias (Tukey $\alpha=0.05$) y se observo que la dosis a 100 ppm obtuvo una media de 6.2857 cm de diámetro de planta, mientras que en último lugar se encuentra a 10 ppm con un resultado de 5.0009 cm de diámetro de planta. El factor de iluminación mostro que si hay diferencias altas por lo que aplicando luz encontramos que alcanzo 5.2183 cm de diámetro en la planta, y al no aplicar se obtiene como un resultado de 5.9326 cm de diámetro de la planta. Por lo tanto a una mayor concentración de AG_3 se obtendrá mayor parte aérea de la planta, pero aun así es difícil atribuirle la causa de este resultado a la

hormona de crecimiento ya que al compararlo con el testigo no hay demasiada diferencia (Figura 4.12).

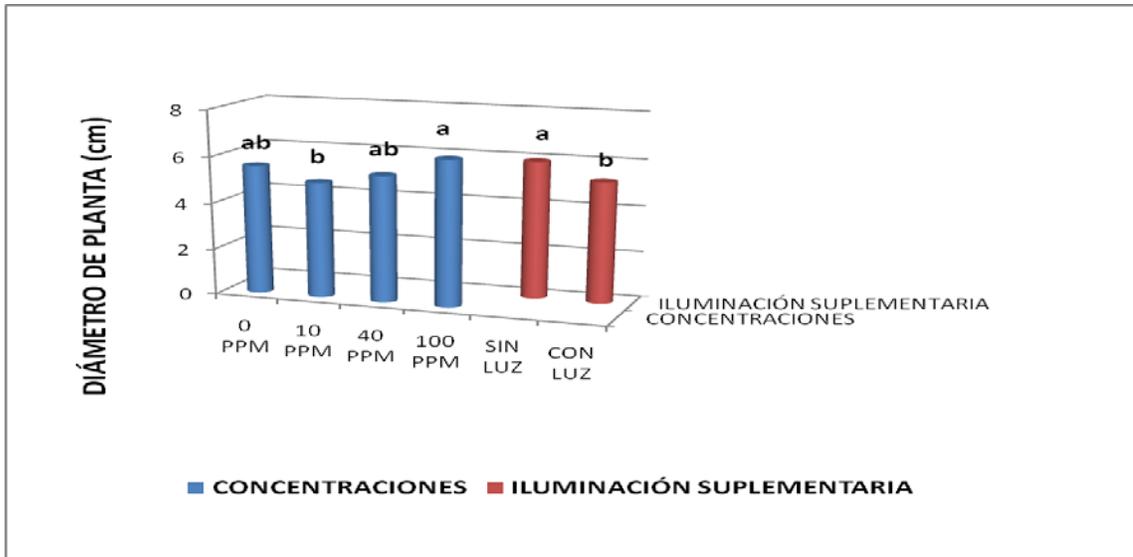


Figura 4.12. Comparación de medias por factor para la variable diámetro de planta, en el cultivo de Alhelí.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los objetivos, hipótesis y los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

El uso de giberelinas como es el caso del AG₃, mostró que al aplicarse durante la etapa germinación el tiempo de emergencia de plántula fue más rápido. Obteniendo durante el desarrollo del cultivo mejor diámetro de tallo, altura de planta y diámetro de planta (diferencia significativa), a concentraciones de 40 ppm y 100 ppm. En conjunto la aplicación de iluminación suplementaria en ambas etapas fue favorable para la mayoría de las variables, sin embargo, puede darse el caso que la no aplicación de éste factor posiblemente no afecte el desarrollo de las plantas.

LITERATURA CITADA

- Abou, A. M., 1987. Effect of Gibberellic Acid on Growth, Flowering and Constituents of *Chrysanthemum frutescens*. (ISHS) 205:129-136.
- Arsorena, M. J. 1994. Sustratos: Propiedades y Caracterizacion. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Association of Official Seed Analysis. 1981. Rules for testing seeds. Journal of Seed Technology. 6 (2): 1-26.
- Bohner, J; Hedden, P; Bora – Haber, E.; Bangerth, F. 1988. Identification and Quantitation of Gibberellins in Frutis of *Lycopersicon esculentum* and their Relation Ship to Fruit Size in L. pimpinelli Folium. *Physiol. Plant.*
- Bures, S. 1997. Sustratos “Materiales que se Utilizan o que Pueden ser Utilizados como Sustratos de Cultivo. Editorial Limusa. México.
- Bravo, H. J. L. 2001. Respuesta del Clavel a las Aplicaciones de Giberelinas. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- De la Luz, G. E. 2008. Respuesta del Lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) al Manejo de Fotoperiodo, Criterios de Poda y Dosis de Fertilización. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Estrada. A. V. 2010. Germinación de Semillas de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Var. Rio grande con Dos Niveles de Lombricomposta Bajo Condiciones de Laboratorio. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.

- Gagnon, S. 1990. Influence of Light and Photoperiod on Growth and Development of Gerbera. Acta Hort. (ISHS) 272:145-152
- Gutiérrez, T. M. J. 2008. Efecto de la Fertilización al Sustrato en la Calidad de Petunias (*Petunia x hybrida*) Producidas en Maceta. UAAAN. Torreón, Coahuila, México.
- Gordillo, M. E., 2000. Efecto del Acido Giberélico Sobre el Rendimiento y la Calidad del Cilantro (*Coriandrum sativum* L.), Bajo Condiciones de Fertirriego. UAAAN. Buenavista, Saltillo, México.
- Hartmann, H. T y Kester, D. E. 1989. Propagación de Plantas, Principios y Práctica. 4ª edición. Ed. Continental, México.
- Hill, A. T. 1997. Hormonas Reguladoras del Crecimiento. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España.
- Hurtado, M.D. y Merino. 1988. Cultivo de Tejidos Vegetales. México.
- Jiménez, R. y Caballero, R.M. 1990. El Cultivo Industrial de Plantas en Maceta. Ediciones de Horticultura SL. REUS-España.
- Larson, R. A. 1988. Introducción a la Floricultura. 1ª de editorial AGT. Editor S.A. México. D.F.
- Lesczyńska B. H, y Bory M. W. 1993. Componentes Estéticos en la Plantas. Memorias. Primer Simposio Nacional sobre Plantas Nativas de México con Potencial Ornamental UPAEP, Puebla, Puebla, México.
- Mengel. K. y A. E. Kirby. 1987. Principle of Plan Nutrition. 4ª.
- Mundo, O. J. 2006. El Vivero Ornamental. 1ª edición. UAEM. México.
- Nuez, F; Rodríguez A; Tello J; Cuarteno y B. Segura.1995. Cultivo de hortalizas. 1ª Edición. UACH. México.
- Resh, H. M. 1987. Cultivos Hidropónicos. Segunda edición, Mundi Prensa, España.
- Rojas, D. A. 2000. Identificación de Algunas Causas de Absorción de Flor y Posible Solución en el Cultivo de Lilis (*Lilium spp*). UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México

- Rojas, G. M., 1987. Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas. Editorial Limusa, 1ª Edición, México.
- Romero, D. F. 1997. Efecto del Acido Giberélico sobre la Germinación y Produccion de Plántula con Semillas Latentes y Seniles de Chile (*Capsicum Annum L.*). UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Sánchez, C. E., 2000. Producción de Plántulas por Flotación de Tres Especies Hortícolas, Bajo Condiciones de Invernadero. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México
- Thomson, J. R. 1979. An Introduction to Seed Technology. Editorial, Blackie Group Zaragoza, España.
- Torres, V. V. 2000. Uso del Acido Giberélico con Extractos Vegetales en el Cultivo de la Rosa (*Rosa spp. CV. Royalty*) de Corte, Bajo Condiciones de Invernadero. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México
- Verdeguer, M. A., 1999. Cultivo del Alhelí en Invernadero para Flor Cortada. Editorial Generalitat Valenciana. Valencia.
- Healy, W. 1983. Photoperiod Control of Lateral Branching and Flower Production in Carnations. ISHS Acta Horticulturae 141: ii International Symposium on Carnation Culture.
- Weaver, R. J. 1982. Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. 2ª Reimpresión. Editorial Trillas. México, D.F.
- Weaver, R. J. 1987. Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Univ. California, Davis.

PAGINAS EN INTERNET

[fichas.infojardin.com/.../matthiola-incana-**alheli**-de-invierno-aleli-encarnado. Htm](http://fichas.infojardin.com/.../matthiola-incana-alheli-de-invierno-aleli-encarnado. Htm)

<http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort04/02->

[Prod_plantas_ornam_macetaeninvernadero.pdf](#)

<http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort02/Ponencia06.pdf>

APÉNDICE

Cuadro A.1. Concentración de datos de la etapa 1: Germinación de semillas.

GERMINACIÓN (PPM)	NÚMERO DE SEMILLAS GERMINADAS	PESO HUMEDO (g)	PESO SECO (g)	Ø DE TALLO (mm)	ALTURA (cm)	NO. DE HOJAS
0	39.333 a	0.39010 a	0.030775 b	1.23321 a	3.33571 b	6.4643 b
10	37.5 a	0.25854 c	0.024960 b	1.23464 a	2.66250 c	6.4107 b
40	33.333 a	0.27216 c	0.024450 b	1.28500 a	3.48286 b	7.3036 a
100	38.667 a	0.48533 a	0.042345 a	1.27679 a	4.62321 a	7.5268 a
IS						
0	37.917 a	0.37195 a	0.032403 a	1.18071 b	3.15250 b	7.0580 a
1	36.5 a	0.33112 a	0.028863 a	1.33411 a	3.89964 a	6.7946 b

IS= Iluminación Suplementaria, 0=sin IS, 1=Con IS. Los valores con las mismas letras, no difieren significativamente entre si de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Cuadro A.2. Concentración de datos de la etapa 2: Desarrollo del cultivo.

FACTOR	VARIABLES					
	FLORACION (PPM)	Ø DE TALLO (mm)	ALTURA (cm)	NO. DE FLORES	NO. DE BROTES	LONG. FLORAL (cm)
0	4.1736 a	15.6920 b	12.991 a	1.01677 a	4.1946 a	5.5696 ab
10	3.7557 b	13.4661 c	8.616 ab	0.88691 a	3.9339 a	5.0009 b
40	4.2226 a	18.2732 a	6.821 b	0.78495 a	3.0036 a	5.4455 ab
100	3.9531 ab	20.2000 a	9.304 ab	0.87424 a	3.1634 a	6.2857 a
IS						
0	4.30366 a	16.0875 b	11.179 a	1.00611 a	4.2138 a	5.9326 a
1	3.74884 b	17.7281 a	7.688 b	0.77533 b	2.9339 b	5.2183 b

IS= Iluminación Suplementaria, 0=sin IS, 1=Con IS. Los valores con las mismas letras, no difieren significativamente entre si de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

ETAPA 1: GERMINACIÓN DE SEMILLAS:

Cuadro A.3. Análisis de varianza para el número de semillas germinadas del cultivo de Alhelí.

MODELO	GL	SC	CM	FC	Pr>F
A	3	130.458333	43.4861111	0.21	0.8894 NS
B	1	120416667	12.0416667	0.06	0.8134 NS
A*B	3	135.458333	45.1527778	0.22	0.8839 NS

CV.= 38.86537 %

Cuadro A.4. Análisis de varianza para el peso fresco de plántula de Alhelí.

MODELO	GL	SC	CM	FC	Pr>F
A	3	0.68671784	0.22890595	25.94	<.0001 **
B	1	0.0333377	0.0333377	3.78	0.0559 NS
A*B	3	2.35425832	0.78475277	88.92	<.0001 **

CV.=26.72432 %

Cuadro A.5. Análisis de varianza para el peso seco de plántula de Alhelí.

MODELO	GL	SC	CM	FC	Pr>F
A	3	0.00415207	0.00138402	8.52	<.0001 **
B	1	0.00025063	0.00025063	1.54	0.2182 NS
A*B	3	0.00913669	0.00304556	18.75	<.0001 **

CV.=41.60528 %

Cuadro A.6. Análisis de varianza para el diámetro de tallo de plántula de Alhelí.

MODELO	GL	SC	CM	FC	Pr>F
A	3	0.06273125	0.02091042	3.33	0.0225 *
B	1	0.65882232	0.65882232	104.9	<.0001 **
A*B	3	0.05663125	0.01887708	3.01	0.0337 *

CV.= 6.302566 %

Cuadro A.7. Análisis de varianza para la altura de plántula de Alhelí.

MODELO	GL	SC	CM	FC	Pr>F
A	3	55.65227857	18.55075952	142.85	<.0001 **
B	1	15.63022857	15.63022857	120.36	<.0001 **
A*B	3	31.95039286	10.65013095	82.01	<.0001 **

CV.= 10.21995 %

Cuadro A.8. Análisis de varianza para el número de hojas por plántula de Alhelí.

MODELO	GL	SC	CM	FC	Pr>F
A	3	27.50167411	9.1672247	21.95	<.0001 **
B	1	1.94252232	1.94252232	4.65	0.0334 *
A*B	3	10.56863839	3.52287946	8.43	<.0001 **

CV.= 9.331131 %

ETAPA 2: DESARROLLO DEL CULTIVO

Cuadro A.9. Análisis de varianza para el diámetro de tallo del cultivo de Alhelí.

MODELO	GL	SC	CM	FC	Pr>F
A	3	3.88610759	1.2953692	5.43	0.0017 **
B	1	8.61915089	8.61915089	36.11	<.0001 **
A*B	3	0.86795045	0.28931682	1.21	0.3091 NS

CV.=12.13432 %

Cuadro A.10. Análisis de varianza para la altura de planta del cultivo de Alhelí.

MODELO	GL	SC	CM	FC	Pr>F
A	3	728.7472935	242.9157645	29.51	<.0001 **
B	1	75.3662109	75.3662109	9.15	0.0031 **
A*B	3	142.1949721	47.398324	5.76	0.0011 **

CV.=16.96972 %

Cuadro A.11. Análisis de varianza para el número de flores por planta del cultivo de Alhelí.

MODELO	GL	SC	CM	FC	Pr>F
A	3	564.6004464	188.2001488	3.19	0.0267 *
B	1	341.2522321	341.2522321	5.79	0.0179 *
A*B	3	194.8683036	64.9561012	1.1	0.352 NS

CV.=81.40343 %

Cuadro A. 12. Análisis de varianza para el número de brotes por planta del cultivo de Alhelí.

MODELO	GL	SC	CM	FC	Pr>F
A	3	0.76612879	0.25537626	2.3	0.0815 NS
B	1	1.49129113	1.49129113	13.44	0.0004 **
A*B	3	1.09181167	0.36393722	3.28	0.0239 *

CV.=37.39846 %

Cuadro A.13. Análisis de varianza para la longitud de flor del cultivo de Alhelí.

MODELO	GL	SC	CM	FC	Pr>F
A	3	28.24452567	9.41484189	2.27	0.0846 NS
B	1	45.86880022	45.86880022	11.07	0.0012 **
A*B	3	14.01881138	4.67293713	1.13	0.3416 NS

CV.=56.96776 %

Cuadro A.14. Análisis de varianza para el diámetro de planta del cultivo de Alhelí.

MODELO	GL	SC	CM	FC	Pr>F
A	3	23.84207589	7.94735863	3.89	0.0111 *
B	1	14.28571429	14.28571429	6.99	0.0095 **
A*B	3	23.74245536	7.91415179	3.87	0.0114 *

CV.=25.63958 %

Donde:

** Altamente significativo

* Significativo

NS No Significativo

A= 0, 10, 40, 100 ppm de AG₃

B= Sin y Con Luz Suplementaria