



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FISIOLOGÍA VEGETAL

DESARROLLO Y CALIDAD DE ESPIGAS DE *Moluccella laevis* L. EN CUATRO SUSTRATOS EN UN SISTEMA PROTEGIDO E HIDROPÓNICO

ANITA GÓMEZ CERECEDO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO
2015

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Anita Gómez Cerecedo,

Alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Carlos Trejo López, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis

DESARROLLO Y CALIDAD DE ESPIGAS DE Moluccella laevis L. EN CUATRO SUBSTRATOS EN UN SISTEMA PROTEGIDO E HIDROPÓNICO

y de los producto de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 7 de julio de 2015



Firma



Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **DESARROLLO Y CALIDAD DE ESPIGAS DE *Moluccella laevis* L. EN CUATRO SUSTRATOS EN UN SISTEMA PROTEGIDO E HIDROPÓNICO**, realizada por la alumna: **ANITA GÓMEZ CERECEDO** con la dirección del Consejo Particular abajo indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FISIOLOGÍA VEGETAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. CARLOS TREJO LÓPEZ

DIRECTOR




DR. ALBERTO ENRIQUE BECERRIL ROMÁN

ASESOR



DR. EBANDRO USCANGA MORTERA

ASESOR



DR. VICENTE ESPINOSA HERNÁNDEZ

ASESOR



DR. PABLO PRECIADO RANGEL

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2015

DEDICATORIAS

A mi hijo, Mateo Hernández Gómez:

Por llenar de alegría mi vida y mi corazón; eres mi razón de lucha y fortaleza. Te amo bebe

A mis padres, Celia Cerecedo García y Guillermo Gómez Primo:

Por instruirme en la vida y enseñarme a no mentir, por enseñarme nobles valores: el amor, rectitud y compasión, justicia, trabajo, verdad y perdón. Por todos sus desvelos.

Porque con su amor, cariño y comprensión hicieron de mí una persona de bien, con buenos sentimientos y aspiraciones, los amo.

A mis hermanos, Porfirio, Enedina, Juana, Francisco y Elena

Solo por el hecho de ser mis hermanos y festejar conmigo sus éxitos y fracasos, por su incondicional apoyo y cariño, son lo máximo.

A mis sobrinos.

Carlos y Antonio Reyes Gómez, Ulises y Alexander Aguilar Gómez, Monserrat y Ángel Gómez Mojica, Eliseo, Guillermo y David Vásquez Gómez, porque con sus sonrisas llenan de felicidad la casa de los abuelos.

AGRADECIMIENTOS

AL CONACYT por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios.

AL COLPOS por darme la oportunidad de seguir creciendo en el ámbito profesional.

A mis asesores:

Dr. Carlos Trejo López, por comprender y compartir su sabiduría; por su amistad y gran disposición. Por su experiencia otorgada en la realización de esta investigación.

Dr. A. Enrique Becerril Román, por su apoyo incondicional durante el desarrollo del presente trabajo.

Dr. Ebandro Uscanga Mortera, por su paciencia y dedicación a este proyecto.

Dr. Pablo Preciado Rangel, Dr. Vicente Espinoza Hernández y Dr. Anselmo López Ordaz, por su experiencia compartida y por su amistad.

A DIOS por darme una segunda oportunidad de vida, por no abandonarme en los momentos difíciles, por ser mi amigo incondicional, te agradezco con todo el corazón que vivas en mí.

A mis cuñados:

Ulises, Antonio, Juliana y Eliseo por ser parte de mi familia.

Karina, Alonso y a los señores José Bernardo, María del Carmen por su apoyo incondicional en los momentos difíciles.

A los trabajadores, Nequis, José y Alejandro por su colaboración en esta investigación.

A los trabajadores de la biblioteca porque son muy amables y porque aún en vacaciones prestaron sus servicios.

A José Bernardo Hernández Palomo, por compartir su tiempo conmigo y brindarme su amistad.

A todas las personas que se han cruzado conmigo porque poco o mucho aprendí de ellas y sobre todo me enseñaron a no rendirme en las peores dificultades.

Agradezco el amor de los que me rodean, lo que aprendí y lo que gane. Lo que perdí y lo que estoy por vivir. Si tuviera que pagar por cada favor que me han hecho, no me alcanzaría ninguna fortuna en el mundo. Por todas sus sabidurías y enseñanzas compartidas.

Agradezco de la manera más sincera porque todos ustedes son parte de mi familia.

“Nada es difícil en esta vida si realmente quieres hacerlo”

Ana

DESARROLLO Y CALIDAD DE ESPIGAS DE *Moluccella laevis* L. EN CUATRO SUSTRATOS EN UN SISTEMA PROTEGIDO E HIDROPÓNICO

Anita Gómez Cerecedo
Colegio de postgraduados, 2015

RESUMEN

La mayor parte de los sustratos a utilizar en macetas, se componen principalmente de tierra de monte en combinación con tezontle, piedra pómez o perlita. Las propiedades de los sustratos, así como su determinación, se han vuelto importantes a medida que han aumentado la cantidad de nuevos materiales empleados en su conformación. De las problemáticas principales a resolver en el manejo del cultivo bajo condiciones protegidas, además de formular información sobre *Moluccella laevis* L., conocida como campana irlandesa, se encuentra el tipo y la cantidad de mezcla para sustrato por utilizar, factor determinante en la calidad de la espiga, por lo que este trabajo tuvo como objetivo, determinar el tipo de sustrato y su efecto en la producción de campana irlandesa para follaje de corte. El experimento se realizó en un invernadero tipo túnel con estructura metálica y cubierta de plástico, ubicado en campus Montecillo, Colegio de Postgraduados en Texcoco, estado de México. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones. Los materiales que se emplearon como sustrato fueron: tezontle, piedra pómez, tierra de monte y suelo. Se observó que la acción de los sustratos tuvo una influencia significativa sobre las variables respuesta del cultivo: Producción de biomasa, altura del tallo principal, longitud de espigas laterales, número de espigas por planta y número de campanas por nudo; en diámetro de la flor no se encontraron diferencias entre tratamientos. En general, se observó que la mejor productividad y calidad, se dieron en plantas que crecieron en suelo y tezontle.

Palabras clave: Campana irlandesa, follaje de corte, biomasa, calidad de las espigas.

DEVELOPMENT AND QUALITY OF SPIKES OF *Molucella laevis* L. IN FOUR SUBSTRATES UNDER PROTECTED AND HYDROPONIC SYSTEM

Anita Gómez Cerecedo
Colegio de postgraduados, 2015

ABSTRACT

Most of the substrates for pots are composed mainly by mount soil combined with tezontle, pumice stone, and perlite. Substrate properties as well as their determination have become an important issue since the number of new materials used for substrate preparation has increased. The type and mixture used as substrate, determinant for spike production, are very important issues for crop production, in addition to the search for information about *Molucella laevis* L., also known as Irish bell. The aims of this work were to determine the substrate type and evaluate its effect over the Irish bell production for cut flower. The experiment was performed in a greenhouse tunnel type with metallic structure and plastic covered located in the campus Montecillo of the Colegio of Postgraduados in Texcoco, (México state). The experimental design was totally randomized with five treatments and five replicates. The materials used as substrate were: mount soil, tezontle, pumice stone, or soil. The substrate type had a significant effect over the response variables in the crop: biomass production, main stalk height, length of lateral spikes, number of stems by plant, and number of bells by node; while the flower diameter did not have significant difference. The best yielding and quality was obtained in plants grown in soil and tezontle.

Keywords: Irish bell, cut foliage, biomass, spike quality.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Origen y descripción taxonómica.....	4
2.2 Descripción taxonómica.....	4
2.3 Importancia económica de <i>Moluccella laevis</i> L.....	5
2.4 Importancia de plantas ornamentales en México.....	6
2.5 Parámetros de medición de calidad de las flores de corte.....	7
2.6 Sustrato.....	9
2.7 Tipos de sustratos.....	10
2.8 Descripción de los sustratos evaluados.....	11
2.8.1 Tezontle.....	11
2.8.2 Piedra pómez.....	12
2.8.3 Tierra de monte.....	13
2.8.4 Suelo.....	14
2.9 Propiedades físicas de los sustratos.....	14
2.9.1 Porosidad.....	14

2.9.2	Densidad real.....	15
2.9.3	Densidad aparente.....	15
2.9.4	Retención de agua.....	15
2.9.5	Estructura.....	16
2.9.6	Granulometría.....	16
2.10	Propiedades químicas de los sustratos.....	17
2.10.1	Conductividad eléctrica y pH.....	17
2.10.2	Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	18
2.11	Estudios realizados en campana irlandesa.....	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1	Localización del experimento.....	20
3.2	Material vegetal.....	20
3.3	Trasplante.....	21
3.4	Manejo del sustrato.....	21
3.5	Riego y nutrición del cultivo.....	22
3.6	Tratamientos y diseño experimental.....	23
3.7	Variables evaluadas.....	25
3.7.1	Materia fresca y seca.....	25
3.7.2	Número de espigas por planta.....	26
3.7.3	Número de flores por nudo.....	26
3.7.4	Unidades SPAD de las hojas y las flores (campanas).....	27
3.7.5	Altura del tallo principal por planta.....	27
3.7.6	Longitud de espigas laterales por planta.....	27
3.7.7	Diámetro de la flor.....	27
3.8	Determinación de las etapas fenológicas del cultivo.....	28

3.9 Tasa de crecimiento relativo (TCR).....	29
3.10 Distribución de materia seca.....	29
3.11 Relación de la parte aérea y la raíz.....	29
3.12 Análisis estadístico.....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 Producción de materia fresca.....	31
4.1.1 Materia fresca de los tallos.....	31
4.1.2 Materia fresca de las hojas.....	33
4.1.3 Materia fresca de la flor (campana).....	35
4.2 Producción de materia seca.....	37
4.2.1 Materia seca de la raíz.....	37
4.2.2 Materia seca del tallo.....	39
4.2.3 Materia seca de las hojas.....	41
4.2.4 Materia seca de las flores (campanas).....	42
4.2.5 Materia seca total por planta.....	44
4.3 Número de espigas por planta.....	45
4.4 Número de flores por nudo.....	46
4.5 Unidades SPAD de las hojas y las flores (campanas).....	48
4.5.1 Unidades SPAD de las hojas.....	48
4.5.2 Unidades SPAD de las flores (campanas).....	49
4.6 Altura del tallo principal por planta.....	51
4.7 Longitud de espigas laterales por planta.....	53
4.8 Diámetro de la flor (campana).....	55
4.9 Etapas fenológicas y acumulación de grados-día de desarrollo (GDD).....	56

4.10 Tasa de Crecimiento Relativo (TCR).....	57
4.11 Distribución de materia seca.....	60
4.12 Relación de producción de materia seca de la parte aérea y la raíz.....	64
V. CONCLUSIONES.....	66
VI. LITERATURA CITADA.....	67
VII. APÉNDICE.....	75

LISTA DE CUADROS		Página
Cuadro 1. Cantidad de fertilizantes usados para la preparación de la solución nutritiva Steiner.....		23
Cuadro 2. Duración de las etapas fenológicas y acumulación de grados día de desarrollo (GDD).....		57
Cuadro 3. Relación de la parte aérea y raíz de <i>Moluccella laevis</i> L. con base en la materia seca.....		65

LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE		Página
Cuadro 1A. Resumen de análisis de varianza realizado por muestreo de las variables en estudio (indicadas en negritas a la derecha), en el experimento realizado con <i>Moluccella laevis</i> L.....		75

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Principales estados productores de flor (SIAP-SAGARPA, 2012).....	7
Figura 2. Distribución de los tratamientos en el invernadero. T1 (Testigo, suelo con fertilización convencional, morado), T2 (mezcla de tierra de monte y piedra pómez (relación 1:1) con fertirriego, verde), T3 (tezontle con fertirriego, azul), T4 (piedra pómez con fertirriego, café) y T5 (suelo con fertirriego, rojo). Cada hilera estuvo conformada por 44 macetas.....	25
Figura 3. Tallo principal y de espigas laterales de <i>Moluccella laevis</i> L. cuando la fase de floración está en desarrollo.....	27
Figura 4. Flor de <i>Moluccella laevis</i> L. (A) y medición del diámetro de la campana (B) con un vernier digital.....	28
Figura 5. Producción de materia fresca (g) de los tallos por planta de <i>Moluccella laevis</i> L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).....	32
Figura 6. Producción de materia fresca (g) de hojas por planta de <i>Moluccella laevis</i> L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).....	34
Figura 7. Producción de materia fresca (g) de flor por planta de <i>Moluccella laevis</i> L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).....	36
Figura 8. Producción de materia seca (g) de la raíz por planta de <i>Moluccella laevis</i> L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5.	

Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$)..... 38

Figura 9. Producción de materia seca (g) del tallo por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$)..... 40

Figura 10. Producción de materia seca (g) de la hoja por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$)..... 42

Figura 11. Producción de materia seca (g) de la flor por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$)..... 43

Figura 12. Producción de materia seca total por planta (g) de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$)..... 44

Figura 13. Número de espigas por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$)..... 46

Figura 14. Número de flores por nudo del tallo principal por planta de <i>Moluccella laevis</i> L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).....	47
Figura 15. Tallos florales de <i>Moluccella laevis</i> L. a los 150 días después de la siembra. A: tezontle con fertirriego, B: suelo con fertilización convencional y C: suelo con fertirriego.....	48
Figura 16. Unidades SPAD de las hojas de plantas de <i>Moluccella laevis</i> L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).....	49
Figura 17. Unidades SPAD de la flor (campana) por planta de <i>Moluccella laevis</i> L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).....	50
Figura 18. Unidades SPAD de la flor (campana) de <i>Moluccella laevis</i> L. A: suelo con fertilización convencional, B: suelo con fertirriego, C: piedra pómez, D: tezontle y E: mezcla.....	50
Figura 19. Altura del tallo principal de la planta de <i>Moluccella laevis</i> L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).....	51
Figura 20. Longitud de las espigas laterales por planta de <i>Moluccella laevis</i> L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 10 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).....	53

Figura 21. Diámetro de la flor (campana) de plantas de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$)..... 55

Figura 22. Tasa de crecimiento relativo (TCR) en (A) raíz, (B) tallo, (C) hoja y (D) flor de plantas de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$)..... 59

Figura 23. Distribución de fotosintatos en los órganos de plantas de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Medias de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$)..... 62

Figura 24. Distribución de fotosintatos en hojas, raíz y tallos florales de plantas de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Medias de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$)..... 64

I. INTRODUCCIÓN

La producción de plantas ornamentales ha cobrado en los últimos años un auge importante en México, principalmente en la zona centro. Al mismo tiempo se ha generado un aumento en la demanda de sustratos orgánicos e inorgánicos, como tezontle, arena de río, aserrín, tierra de monte, tierra de hoja, fibra de coco, perlita, vermiculita, entre otros. La demanda de algunos de ellos, como la turba y tierra de monte, ha provocado un deterioro de los recursos naturales, ya que el tiempo de formación de éstos toma muchos años.

Sin embargo, existen muchos otros materiales que pueden formarse por procesos más simples, ejemplo de ello son: la fibra de coco, la cascarilla de arroz, paja de cereales y las compostas. El uso de un buen sustrato combinado con un manejo integral, es esencial para determinar un crecimiento óptimo de la planta y una calidad alta de la flor (Cabrera, 1998).

La producción en maceta depende directamente de la selección de sustratos, éstos se determinan por las propiedades físico-químicas que poseen para la retención y el movimiento del agua (Anicua, 2008).

La demanda de flores cortadas y follaje en los pueblos de México, depende principalmente de las fiestas (Salamanca-Bautista *et al.*, 2001; Taboada-Rosas *et al.*, 2001). Pero hay muchas otras ocasiones de compra de flores: Agradecimientos, cumpleaños, enfermedades, sepelios, graduaciones, etc.

La campana irlandesa (*Moluccella laevis* L.) es originaria de la región del Mediterráneo, principalmente de Siria. Es una planta anual que se propaga por semilla y es utilizada

como follaje en arreglos florales; su consumo se ha incrementado debido a que por su forma física, textura y color, es preferible su uso en los arreglos; además, mantiene su calidad y frescura por muchos días después de que ha sido cosechada y es fácil de transportar.

En promedio, la campana mide 50 cm de altura, con hojas dispuestas en pares opuestos, de forma oval, con largos peciolo y borde aserrado. La planta emite largas espigas en donde se desarrollan unas flores blancas, y con cálices en forma de campana (<http://elmundoyusplantas.blogspot.mx>) Se produce en condiciones de cielo abierto o bajo cubiertas de plástico tipo túnel rústico, prefiere el sol y agua constantes; hay muy poca información sobre su producción, los requerimientos climáticos y nutricionales necesarios para su desarrollo, las principales plagas y enfermedades a las que se enfrenta, la adaptación del cultivo en sustratos, etc.

Lo anterior ha sido la motivación principal de esta investigación y, por lo tanto, se establecieron los siguientes objetivos e hipótesis:

1.1 Objetivo

Determinar el efecto de cuatro sustratos en el desarrollo y calidad de la espiga de *Moluccella laevis* L. en un sistema protegido e hidropónico.

1.2 Hipótesis

El desarrollo y la calidad de la espiga de *Moluccella laevis* L. es afectada por el sustrato y condiciones del cultivo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

La floricultura en México, se ha incrementado en la última década. Se estima que de las 12,884 ha dedicadas al cultivo de flores de corte en el país, el 90% abastecen al mercado nacional y el 10% se destina a la exportación. Esta última cifra representa aproximadamente el 1% del consumo mundial de flores, follaje y plantas en maceta, ubicando al país en el número 17 de los países productores. En el 2007 se reportaron ventas por 768 millones de dólares anuales, (Zúñiga *et al.*, 2004; SAGARPA, 2007).

La producción de flor de corte en México se distribuye en el Distrito Federal, Morelos, Puebla y estado de México, (SAGARPA, 2007); este último estado obtuvo, en el año 2011, 53.6 millones de plantas, representando el 59.2% del valor de la producción nacional florícola (Info rural, 2012); y, para el año 2012 dedicó una superficie de 6,823.75 ha (SIAP-SAGARPA, 2013).

Los países que dominan el mercado mundial de flor cortada son Holanda, Alemania, Reino Unido, Francia e Italia comercializando entre exportaciones e importaciones alrededor de 26,767.8 t (UNSD, 2013). Se cultiva en España, actualmente en la provincia de Cádiz en pequeña superficie (Morales, 2010) y se ha ensayado en el País Vasco (Riga *et al.*, 2005). En ocasiones se encuentra naturalizada, presente en ruderales en el sur y este de España y en Portugal (Morales, 2010) y, también como mala hierba en Israel.

Los follajes participan con el 8.12% del total de las exportaciones de flores en el mundo, el principal exportador de follajes es Estados Unidos, seguido por Costa Rica, Italia y Holanda. Cabe señalar que Estados Unidos y Holanda reexportan gran cantidad

de follajes provenientes de otros mercados. (Proexport Colombia *et al.*, 2003). La agricultura protegida ha cobrado gran importancia mundial. Tal es el caso de la producción en condiciones de invernadero, que registra una tasa de crecimiento anual de 20% (Castellanos, 2009). Un aspecto importante en la producción en invernadero es el medio que se utiliza para el crecimiento de la planta, puede ser el suelo o un sustrato orgánico o inorgánico.

2.1 Origen y descripción taxonómica.

La campana irlandesa (*Moluccella laevis* L.) es una planta anual originaria de la región del Mediterráneo, principalmente de Siria, se encuentran en las colecciones botánicas y en los jardines Europeos, su propagación es sexual y es apreciada por sus flores y follaje (USDA, 1994).). Algunas empresas productoras de semillas (SUTTONS y SEED AREA), recomiendan sembrar en primavera en un suelo fértil con buen drenaje y mantener a temperaturas entre 15-20°C.

2.2 Descripción taxonómica

Clasificación científica:

Reino: Plantae

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Género: *Moluccella*

Especie: *laevis*

Nombre binomial: *Moluccella laevis* L.

Las flores son blancas con manchas rosadas y están rodeadas por el cáliz que tiene forma de campana, algunas veces está acompañado de la presencia de espinas; las hojas son alternas, presentan bordes dentados y tienen una coloración verde al igual que el cáliz. Los tallos pueden llegar a medir de 1 a 2 m de altura, presentan ramificaciones de más de 90 cm. La semilla es de color café, tiene la forma de un prisma triangular y un porcentaje de germinación alto. La raíz es fasciculada, ya que carece de una raíz dominante y todas las raíces forman laterales (Molzer, 1991).

2.3. Importancia económica de *Moluccella laevis* L.

Las especies ornamentales, por su belleza, son apreciadas por los sentidos del hombre (Corona y Chimal, 2006). La campana irlandesa es un follaje, muy apreciada por el consumidor, lo que asegura una buena demanda en el mercado. Son utilizadas para ramos, para floreros y también en los jardines. Los principales estados productores de este cultivo son: el Estado de México y Baja California y, su venta es por docenas o rollos de 25 a 45 tallos (Espinosa *et al.*, 2009).

El precio y la calidad del producto determinan la competencia en el mercado (Vonk, 1995). En el mercado de Tenancingo, Estado de México, el bonche de campana (5 tallos) está a \$25.00 promedio, sin embargo cabe mencionar que el precio se incrementa en día de muertos, clausuras, 10 de mayo, día de Guadalupe y 14 de febrero, entre otros, y, también, por tamaño, las espigas van de 40 a 90 cm. Los precios, en general, se pueden considerar altos, lo que motiva un incremento de la superficie cultivada (Comunicación personal¹).

2.4 Importancia de plantas ornamentales en México

De acuerdo con Beltrán (2014), presidente del Consejo Mexicano de la Flor, en 2011, el valor de la floricultura mexicana fue de 5, 646 millones de pesos, valor que representa cerca de 95,000 t. Para el año 2005 reportó una cifra de 21,970 ha y, aproximadamente, 52% se destinó a la producción de flores y follajes de corte. Actualmente se producen plantas y flores de ornato en los estados de México, Puebla, Morelos, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí y Baja California (SAGARPA, 2007).

SIAP-SAGARPA (2012) indicó que, México ocupa actualmente el décimo séptimo lugar como país exportador a Estados Unidos y Canadá, principalmente; en 2009, los productores vendieron 63.5 millones de dólares. Las flores que más se exportan son gladiola, rosa, lilis, clavel, plantas en maceta y follaje (Torres, 2014).

Del total de la producción florícola mexicana, un 90% se destina al mercado doméstico y solo el 10% al mercado de exportación (SAGARPA, 2007); para el año 2006, el 12% de esta producción se cultivó en invernadero y el 88% a cielo abierto (ASERCA, 2006). En la zona de Villa Guerrero, Santa Ana, Coatepec Harinas, pertenecientes al Estado de México, se cultiva alrededor de 30 ha de campana irlandesa, principalmente en micro túnel (Comunicación personal¹)

SIAP-SAGARPA (2012), mencionó que de las veinticinco entidades que registraron su producción de flores en 2012, cuatro entidades concentraron el 87.2% del valor generado por esta actividad (Figura 1): Estado de México (3,652 mdp), Puebla (866 mdp), Morelos (453 mdp) y el Distrito Federal (229 mdp).

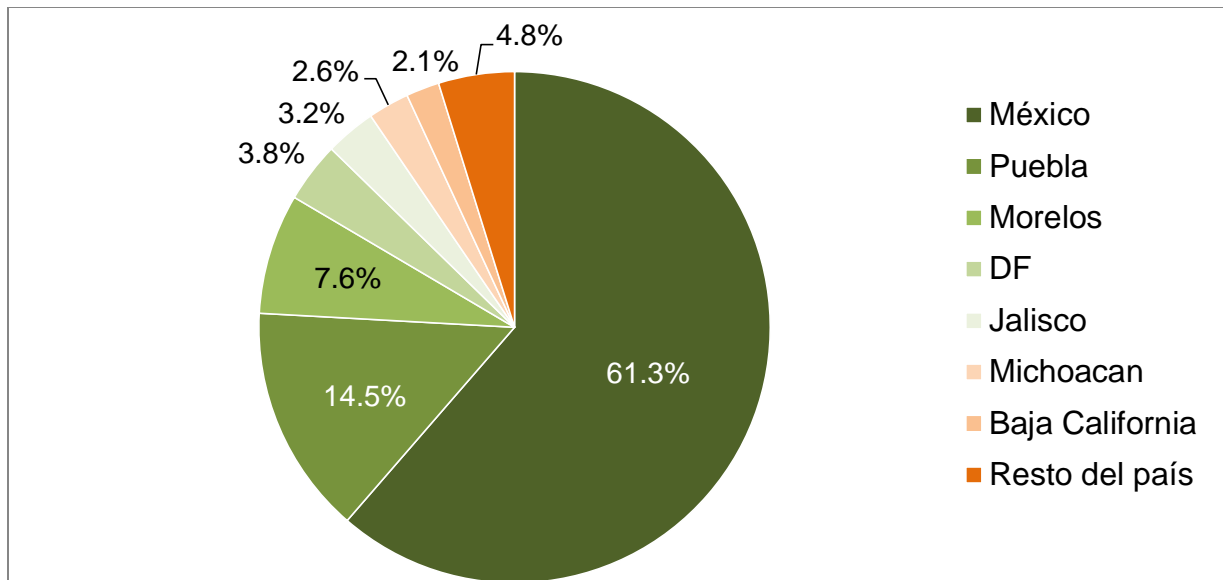


Figura 1. Principales estados productores de flor (SIAP-SAGARPA, 2012).

La planta de *Moluccella* se cultiva en el Estado de México en las zonas de mayor producción de plantas ornamentales, específicamente en Villa Guerrero, Coatepec Harinas, Santa Ana y Texcoco. Debido a la coloración de sus tallos, se hacen arreglos florales y pueden usarse frescos o secos. En el Estado de México *Moluccella laevis* se cultiva en campo y bajo cubierta para la producción de flores de corte comercial (Comunicación personal¹)

2.5 Parámetros de medición de calidad de las flores de corte

Algunas características generales de calidad visibles son: Longitud, tamaño y desarrollo de la flor, así como el número de brotes, número de flores, proporción entre altura y diámetro, también que estén libres de plagas, enfermedades o deficiencia nutrimental. Además existen otras características no visibles como: la longevidad, la sensibilidad para la caída de la hoja y brote (Hendriks, 2001; Vonk, 1995).

¹Comunicación personal, Hernández, J. Correo electrónico: del_toro_09@hotmail.com).

La calidad de las plantas ornamentales es determinada por algunos factores como el manejo del cultivo que incluye podas, la aplicación de agroquímicos, calidad del agua (pH y sales). Además de la interacción óptima entre el genotipo de la planta y las condiciones ambientales. Según la casa certificadora GLOBALG.AP (2012), a nivel mundial, establece los siguientes criterios para la producción de flores y plantas ornamentales:

- Material de reproducción vegetal
- Gestión del suelo y sustratos
- Fertilización
- Riego/Fertirrigación
- Manejo integrado de plagas
- Utilización y almacenamiento de material de reproducción vegetal
- Mantenimiento del equipo
- Medidas de higiene y seguridad durante la cosecha
- Tratamientos post-cosecha

Para la producción y comercialización de plantas ornamentales de corte, SENASICA, (2007) establece los siguientes criterios:

- Todas las flores deberán producirse en sitios registrados ante la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV)
- Todos los embarques para exportación, deberán de acompañarse de un certificado fitosanitario internacional (CFI) que especifique que están libres de plagas y/o enfermedades.

La mezcla apropiada de los sustratos, es un aspecto importante en el cultivo de plantas en maceta, y constituye una de las fases más importante para la obtención del verticilo floral de calidad, ya que la función de un sustrato es servir de soporte a la planta y proveer de agua, aire y nutrientes para un adecuado desarrollo de raíces y parte aérea (Burés, 1997).

2.6 Sustrato

Existen diversas definiciones del término sustrato en la horticultura. Abad *et al.* (2004) señalaron que un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, *in situ*, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en forma pura o en mezcla en una maceta, permite el anclaje del sistema radical y, puede o no influir en la nutrición vegetal. Por su parte, Röber (2000) indicó que un sustrato hortícola es la tierra o las mezclas a base de turbas y otros materiales, que sirven de medio para las raíces. Por otro lado, Kämpf *et al.* (2006) definieron como sustrato al medio poroso donde se desarrollan las raíces, relacionadas con el cultivo en recipientes fuera del suelo *in situ*.

El cultivo de plantas en un sustrato, presenta diferencias sustanciales en comparación con el cultivo de plantas en suelo. Al cultivar en macetas, las características de éste resultan decisivas en el crecimiento de la planta, ya que se produce una interacción entre la altura, diámetro y la combinación planta-sustrato (Esquivel, 2001). Debido a que el volumen de una maceta es limitado, el sustrato y sus componentes deben poseer características físicas y químicas que permitan un crecimiento óptimo de la planta (Cabrera, 1998).

Por su parte, Burés (1997) señala que las características biológicas del sustrato también deben considerarse. Sin embargo, las propiedades físicas como la aireación, el drenaje, capacidad de retención de agua, son las más importantes para un sustrato (Ansorena, 1994).

En un estudio sobre sustratos orgánicos (cascarilla de arroz, polvo de coco, corteza de pino y composta de jardinería), en combinación con materiales inorgánicos (piedra

pómez y tezontle), en la producción comercial de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta, el autor concluyó que la mejor producción y calidad en ambos cultivares se dieron en sustratos de polvo de coco y turba; incluyendo el sustrato estándar internacional de turba-agrolita, todos, fueron superiores al sustrato estándar nacional basado en tierra de monte (García *et al.*, 2001). Mientras tanto, De Sousa *et al.* (2000), obtuvieron mayor altura de plantas de cereza (*Eugenia dysenterica* DC), de 18 a 22 cm a los 360 días de la siembra, utilizando un sustrato compuesto por suelo y humus de suelo forestal (1.1 v/v).

Dos Santos *et al.* (2004), obtuvieron 18 cm de altura utilizando cascarilla de arroz carbonizada con la adición de humus como fertilizante orgánico, en la aclimatación de heliconia (*Heliconia psittacorum*).

2.7 Tipos de sustratos

De acuerdo con Abad *et al.* (2004), los sustratos se pueden clasificar como materiales orgánicos e inorgánicos. Los materiales orgánicos se subdividen en:

1. De origen natural (turbas o “peat moos”)
2. De síntesis (espuma de poliuretano, poliestireno expandido).
3. Residuos y subproductos de diferentes actividades (fibra y polvo de coco).

Mientras que los materiales inorgánicos, también conocidos como minerales se subdividen en:

1. Naturales. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, como por ejemplo: Rocas de tipo volcánico como el tezontle, piedra pómez, arena y grava.

2. Materiales transformados o tratados industrialmente. Son obtenidos a partir de rocas o minerales mediante tratamientos físicos y a veces químicos, que modifican sus características. Algunos ejemplos son la perlita, vermiculita, arcilla expandida y lana de roca.
3. Residuos y subproductos industriales.

Cabe señalar, que las propiedades químicas, físicas y biológicas de los sustratos varían de acuerdo con el lugar de extracción y tamaño de partícula, por lo que es importante caracterizarlos antes de su uso, con la finalidad de obtener un mejor desarrollo en el sistema radical de las plantas y suficiente agua disponible que no limite su crecimiento.

2.8 Descripción de los sustratos

Las plantas cultivadas en macetas tienen un volumen limitado para el crecimiento radical, por lo que, las necesidades de nutrientes, aire y agua de la planta pudieran exceder a lo contenido en dicho volumen. Por lo tanto, se deben utilizar sustratos que sean capaces de contener una gran cantidad de raíces en un espacio reducido, teniendo suficiente agua y aire disponible (Reinikainen, 1993).

2.8.1 Tezontle

De los sustratos inorgánicos, el tezontle se utiliza en el Estado de México como sustrato para la producción de diversos cultivos de hortalizas y flores en maceta, principalmente por su disponibilidad y costo bajo. Sin embargo, el tamaño de partícula y su proporción pueden influir sobre sus propiedades físicas (Vargas-Tapia *et al.*, 2008).

Es un material procedente de las erupciones volcánicas, puede ser de color negro o rojo. El color rojo se debe a la presencia de hierro en forma férrica. Se encuentra en forma abundante y en diversos tamaños en regiones con actividad volcánica (Mastalerz, 1977). Está constituido por silicatos de aluminio, los cuales son formados por fragmentos y partículas de lava porosa y ligera. Tiene una elevada densidad aparente, por lo que es un material relativamente pesado. Presenta una elevada capacidad de aireación y poca capacidad de retención de humedad, además aporta pocos nutrimentos, el contenido de sales varía y su pH es casi neutro (Bastida, 1999).

Burés (1997), menciona que, por su elevada densidad aparente se le utiliza principalmente para cultivos de planta ornamental de exterior y de ciclo largo, debido a que su estructura física se degrada con dificultad. El más utilizado en la horticultura es el tezontle rojo. Sin embargo, debido a que retiene muy poca agua, conviene mezclarlo con otros materiales e incrementar la capacidad de retención de agua.

2.8.2 Piedra pómez

También conocida como pumita, tepojal o caltete. Es muy ligera, de color blanco, y se forma cuando la espuma de lava emerge del volcán (Mastalerz, 1977). Presenta muchos poros que se forman cuando el gas escapa durante el enfriamiento de la lava; la porosidad interna de la piedra pómez es la responsable de su baja densidad, más que el tamaño de las partículas (Drees *et al.*, 1989).

Es un material vesicular, con una textura porosa, esponjosa, con muchos huecos y cavidades, producida por el escape de gases desde el centro; por su enfriamiento posee formas variadas, predominando las alargadas y angulosas (De Paepe, 1991).

Presenta partículas de varios tamaños, retención de aireación adecuado, drenaje apropiado para la planta, aporta pocos nutrimentos, presenta buena estabilidad, su capacidad de intercambio catiónico es bajo y tiene poca agua fácilmente disponible. Es un material que mejora el drenaje de los suelos y adecuado para preparar mezclas con otros materiales para aligerar el peso e incrementar el drenaje de las mezclas (Bastida, 2002)

2.8.3 Tierra de monte

Está sujeta a descomposición biológica de forma natural, lo cual causa mala aireación para las raíces (Burés, 1997). Es un material de color oscuro, compuesto de restos de plantas en descomposición, posee un elevado contenido de materia orgánica y es necesario que se triture para incorporar todo el material, para tener una consistencia deseable y ser utilizada como sustrato. Presenta una textura fina, un pH ácido y capacidad alta de intercambio catiónico, que aporta nutrientes a las plantas y una buena retención de humedad.

En México, en la última década, la turba y la tierra de monte se usan como principal materia prima para la elaboración de sustratos, (Quiñones, 1995). Si se considera que se cultivan alrededor de 3,075 ha de plantas ornamentales en macetas, las cuales ocupan aproximadamente 500,000 m³ de sustrato, el uso de tierra de monte como componente principal de estos sustratos podría ocasionar un impacto ambiental indeseable (García *et al.*, 2001).

2.8.4 Suelo

Presenta 40% de arena, 25% limo y 35% arcilla por lo que corresponde a una textura de migajón arcilloso. Es un suelo pesado y compacto. Posee 2.7 % de materia orgánica, un pH ácido (6.6) y una conductividad eléctrica de 0.29 dS m^{-1} . Tiene una capacidad alta de retención de humedad. Esta muestra corresponde a la comunidad de Santa María Nativitas, Texcoco, Estado de México (2388 msnm, $19^{\circ} 20'$ latitud norte y $99^{\circ} 48'$ longitud oeste).

2.9 Propiedades físicas de los sustratos

Las propiedades físicas que usualmente se determinan son el espacio poroso total, capacidad de aireación, capacidad de retención de agua, densidad aparente y densidad real (Baixauli y Aguilar, 2002).

2.9.1 Porosidad

Es el total de espacio que no está ocupado por el material sólido que se agrega en la maceta o contenedor y que puede estar ocupado por agua y aire, también se le conoce como la capacidad de retención de agua y capacidad de aireación. Beardsell *et al.* (1979) encontraron que la porosidad total puede deducirse a partir de la densidad en volumen para ciertos sustratos, mientras que las propiedades de aireación y de retención de humedad no pueden ser determinadas fácilmente.

La porosidad total de un sustrato, es la suma de los espacios entre las partículas y los existentes en los poros internos de dichas partículas, siendo los poros más pequeños que los espacios. La porosidad varía en un amplio intervalo de valores, desde el 30%

en suelos compactos, hasta un 95% en el caso de “peat moss”; cabe señalar que el valor óptimo que se recomienda es entre 80 y 85% (Ansorena, 1994). Mientras que la porosidad efectiva de la perlita es de 96.4%, la piedra pómez fluctúa entre el 30 y 45% (Lemaire, 1993).

2.9.2 Densidad real

Se define como el cociente entre la masa de las partículas del medio de cultivo y el volumen que ocupan, sin considerar los poros y los huecos, no depende del grado de compactación, ni del tamaño de partícula. Esta propiedad tiene un interés relativo y, su valor varía, según el material del que se trate; suele oscilar entre 2.5 y 3 g cm⁻³ para la mayoría de materiales de origen mineral (Ansorena, 1994).

2.9.3 Densidad aparente

Es la masa seca contenida en un centímetro cúbico de medio de cultivo, depende del grado de compactación y del tamaño de partícula. La densidad aparente de los sustratos va desde 0.03 hasta 0.8 g cm⁻³, donde las densidades más bajas corresponden a los sustratos orgánicos (Abad y Noguera, 1998)

2.9.4 Retención de agua

Se define como la cantidad de agua retenida por el sustrato en contra de la fuerza de gravedad, después de un riego. Esta variable depende del tamaño de partícula del sustrato, así como de la naturaleza de los materiales empleados. Ansorena (1994) señaló que el tamaño de partícula menor a 0.5 mm, tiene la máxima porosidad y la retención de agua. Así, partículas mayores a 0.5 cm, incrementan la porosidad total

pero, disminuyen la retención de agua. Por tanto, el tamaño de partícula se tendrá que modificar o seleccionar para obtener propiedades físicas óptimas.

2.9.5 Estructura

Puede ser granular o bien fibrilar; la primera no tiene forma estable como la mayoría de los sustratos minerales y, se acopla fácilmente a la forma de la maceta; en tanto, la segunda depende de las características de las fibras, si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente; además pueden tener facilidad de cambio de volumen y consistencia de acuerdo a su grado de hidratación (Ansorena, 1994).

2.9.6 Granulometría

Se refiere al tamaño de las partículas que conforman los sustratos. Dichos sustratos están constituidos por mezclas de partículas de tamaños diferentes, desde muy pequeñas hasta muy grandes. Las propiedades físicas de los sustratos dependen, en gran medida, de la proporción del tamaño de las partículas, por lo que, modificando o seleccionando adecuadamente esta proporción, pueden conseguirse las propiedades óptimas (Ansorena, 1994).

Teóricamente, entre más pequeñas sean las partículas, habrá mayor superficie específica y, por lo tanto, mayor retención de humedad. Segura (2003) mencionó, que el contenido de agua, tiene un compartimiento normal en diferentes diámetros de la piedra pómez; es decir, el diámetro que retiene más humedad (68.4%), después de 24 horas de saturación, es el de 2.38 a 3.35 mm.

2.10 Propiedades químicas de los sustratos

La disponibilidad de los nutrientes depende de las propiedades químicas, que se definen como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces; esta transferencia es recíproca y puede deberse a reacciones de distinta naturaleza (Terrés *et al.*, 2001).

2.10.1 Conductividad eléctrica y pH

La conductividad eléctrica (dS m^{-1}) es la concentración de sales que afecta el potencial osmótico, el cual está relacionado con la concentración de iones en la fase líquida, y puede alterar la absorción del agua por la planta (Ansorena, 1994).

Otra propiedad importante en los sustratos es el pH, el cual se define como la medida de la acidez o alcalinidad relativa de una sustancia, con base en una escala de 0 a 14.

El pH final de un sustrato dependerá de la proporción de los materiales que lo integren, así como de las prácticas de cultivo posteriores, especialmente fertilización y riego. El pH en los suelos minerales determina, la disponibilidad de nutrientes, específicamente micronutrientes; varios nutrientes minerales pueden hacerse no disponibles o incluso tóxicos con valores extremos de pH.

Bosa *et al.* (2003), mencionan que los valores ideales deben ser: pH de 5.5-6.5 y conductividad eléctrica de $0.75\text{-}2.0 \text{ dS m}^{-1}$.

2.10.2 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Es la suma de los cationes intercambiables, medidos en mili equivalentes (meq), que un material puede absorber por unidad de peso o volumen. Esta propiedad la proporcionan algunas partículas inorgánicas y orgánicas cargadas negativamente en su superficie. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) ha sido medida con base en el peso de suelos naturales; sin embargo, en sustratos es más significativa la medida por volumen, a causa de la densidad baja de muchos de éstos. El volumen es actualmente aceptado para la medición de la CIC con propósitos hortícolas (Bunt, 1998).

El sustrato debe tener una capacidad de intercambio catiónico entre 50 a 100 $\text{cmol}^+\text{m}^{-1}$, ya que el suministro de cationes será constante y la pérdida de nutrimentos es menor (Handreck y Black, 1984). Nelson (1978) señaló valores entre 10 y 30 $\text{cmol}^+\text{m}^{-1}$ y mencionó que, en valores menores, el sustrato no actuará como reservorio de nutrimentos y será necesario aplicar fertilizante.

En conclusión Bosa *et al.* (2003) señala que los valores ideales en las propiedades físicas y químicas de los sustratos deben tener entre otros, el 85% de porosidad total, espacio de aireación de 20-30%, agua fácilmente disponible de 20-30% y agua disponible de 24-40%. Además en estudios anteriores se observó que el agua fácilmente disponible tiene relación con el desarrollo de la parte aérea de *Gypsophila paniculata*.

2.11 Estudios realizados en campana irlandesa

Los estudios sobre la producción de *Moluccella laevis* en México, hasta donde la revisión de literatura permitió conocer, son escasos, hay algunas publicaciones donde a

la campana se le considera una mala hierba (Saavedra et al., 2011). También se ha reportado la presencia de *Cercospora apii* en las hojas de campana irlandesa cultivadas en la costa de California, para la producción de flores de corte comercial (Koike et al., 2003).

La mayoría de trabajos encontrados, son sobre fitoquímica de la especie, entre otros, se han estudiado las semillas de *Moluccella*, señalando que contienen lectina anti-N, mismas que sirven para precipitar glico-conjugados (Miale, 1985; Halina et al., 1988; Teneberg, 1994), además se dice que da al licor un olor y sabor agradables (Georges-Louis, 1857).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en un invernadero ubicado en el Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados en Texcoco, Estado de México (2250 msnm, 19° 21' latitud norte y 98° 54' longitud oeste). El clima según Koppen (García, 1973) corresponde a un templado subhúmedo, las lluvias invernales representan menos del 5 % con respecto a las de verano, con una precipitación media anual de 580 mm. El invernadero que se utilizó es de tipo túnel con estructura de metal y cubierta de plástico color lechoso y permite el paso del 70% de radiación fotosintéticamente activa. La investigación se realizó del 24 de septiembre de 2013 al 24 de febrero de 2014.

Las temperaturas diarias registradas en el mes de octubre fueron entre 14 y 22°C, con una radiación fotosintéticamente activa promedio (PAR) de 520 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; en el mes de noviembre las temperaturas variaron de 12 y 23°C y con una PAR promedio de 500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; en diciembre se registraron temperaturas entre 9 y 21 °C, con una PAR de 450 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; en enero y febrero las temperaturas se redujeron entre 7 y 20 °C y presentaron un PAR promedio de 375 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (datos medidos mediante un Data Logger).

3.2 Material vegetal

Se utilizaron semillas de campana irlandesa (*Moluccella laevis* L.) de la empresa Ball Horticultural Company. Las semillas se sembraron en charolas que contenían “peat moss” previamente humedecido, se colocaron dos semillas por cavidad a una profundidad de 3-4 mm aproximadamente (24 de septiembre de 2013). Posterior a la

siembra se colocó papel periódico sobre las charolas el cual se mantuvo húmedo todo el tiempo con el fin de evitar al máximo la evaporación en el “peat moss” y el posible daño a las semillas en germinación. Cuando inició la emergencia (10 de octubre de 2013), el periódico se retiró y se continuaron los riegos con agua de la llave; los cuales se realizaron cada tercer día hasta el trasplante.

3.3 Trasplante

El trasplante se realizó a los 35 d después de la siembra de semillas (29 de octubre de 2013), cuando las plántulas presentaron la cuarta hoja verdadera desplegada. En esta etapa las plantas presentaron una altura aproximada de 8 cm. Se extrajeron las plantas de la charola con todo el cepellón (1.2 mL) y se trasplantaron en bolsas de plástico negro (40x40 cm) que contenían alguno de los siguientes sustratos (9 kg): Tezontle, piedra pómez, suelo y una mezcla de tierra de monte con piedra pómez. Las bolsas de plástico o macetas se colocaron a una distancia de 30x30 cm entre ellas

3.4 Manejo del sustrato

El suelo evaluado fue procedente de Santa María Nativitas, Texcoco, Estado de México. Presenta 40% de arena, 25% limo y 35% arcilla por lo que corresponde a una textura de migajón arcilloso; es un suelo pesado y compacto; posee 2.7 % de materia orgánica, un pH ácido (6.6) y una conductividad eléctrica de 0.29 dS m^{-1} . La tierra de monte usada fue la comercial de la marca (PRO-Mix); presenta una textura fina, un pH ácido y capacidad alta de intercambio catiónico, que aporta nutrientes a las plantas y una buena retención de humedad. Ambos materiales fueron tamizados para reducir los terrones y homogeneizar las muestras.

La piedra pómez presenta partículas de varios tamaños, retención de aireación adecuado, drenaje apropiado para la planta, aporta pocos nutrimentos, presenta buena estabilidad, su capacidad de intercambio catiónico es bajo y tiene poca agua fácilmente disponible. Finalmente, el tezontle tiene una elevada densidad aparente, por lo que es un material relativamente pesado; presenta una elevada capacidad de aireación y poca capacidad de retención de humedad, además aporta pocos nutrimentos, el contenido de sales varía y su pH es casi neutro.

Los materiales fueron esterilizados en una autoclave a una temperatura de 80 °C durante 60 minutos para evitar problemas con patógenos. Posteriormente, se dejaron enfriar por 24 h, y se colocaron sobre un plástico para el secado y finalmente se procedió al llenado de macetas.

3.5 Riego y nutrición del cultivo

Se instaló un sistema automatizado y programado para proveer tres riegos al día, los cuales sumaron 350 mL de agua por maceta. Los riegos se aplicaron tratando de mantener la humedad aprovechable cerca de capacidad de campo (CC).

Al inicio de los riegos se aplicó agua de la llave. A los 15 d del trasplante se inició la aplicación de solución nutritiva universal de Steiner al 50% (1984) (Cuadro 1), manteniendo un pH de 5.5-6.5; al inicio del experimento se registró una conductividad eléctrica (CE) de 0.5 dS m⁻¹ y posteriormente a 1 dS m⁻¹; se determinó la concentración de sales en la solución del suelo para decidir la aplicación de agua acidulada, con un medidor de humedad y conductividad eléctrica Wet-2 sensor (Delta-T. Devices, Ltd, Cambridge, England).

Cuadro 1. Cantidad de fertilizantes usados para la preparación de la solución nutritiva Steiner.

Fertilizante	CE 1.0 dS m ⁻¹ g L ⁻¹
H ₂ SO ₄ 98%	0.025 ml L ⁻¹
H ₃ PO ₄	0.033 ml L ⁻¹
K ₂ SO ₄	0.12
MgSO ₄ 7H ₂ O	0.16
KNO ₃	0.20
Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	0.47
MnSO ₄ 4H ₂ O	0.006
ZnSO ₄ 7H ₂ O	0.002
H ₃ BO ₃	0.002
CuSO ₄ 7H ₂ O	0.001
QUELATO-Fe	0.021

A un grupo de macetas con suelo de Santa María Nativitas no se le aplicó la solución nutritiva, el riego fue convencional y la fertilización se realizó manualmente con elementos granulados (NUTRIGEN, 17-17-17) con el objetivo de igualar las labores que realiza el productor en sus parcelas. Se agregaron 500 g/200 L en drench. A los grupos de macetas que contenían tezontle, piedra pómez, mezcla y suelo se regaron y fertilizaron como se describió en el párrafo anterior (fertirriego).

3.6 Tratamientos y diseño experimental

Los sustratos y sus mezclas combinadas con fertilización, se consideraron como tratamientos: Tratamiento 1, testigo, suelo con fertilización convencional; Tratamiento 2,

mezcla de tierra de monte y piedra pómez (relación 1:1) con fertirriego; Tratamiento 3, tezontle con fertirriego; Tratamiento 4, piedra pómez con fertirriego y Tratamiento 5, suelo con fertirriego. Todas las macetas tuvieron un total de 9 kg de sustrato con variación de volumen en cada maceta.

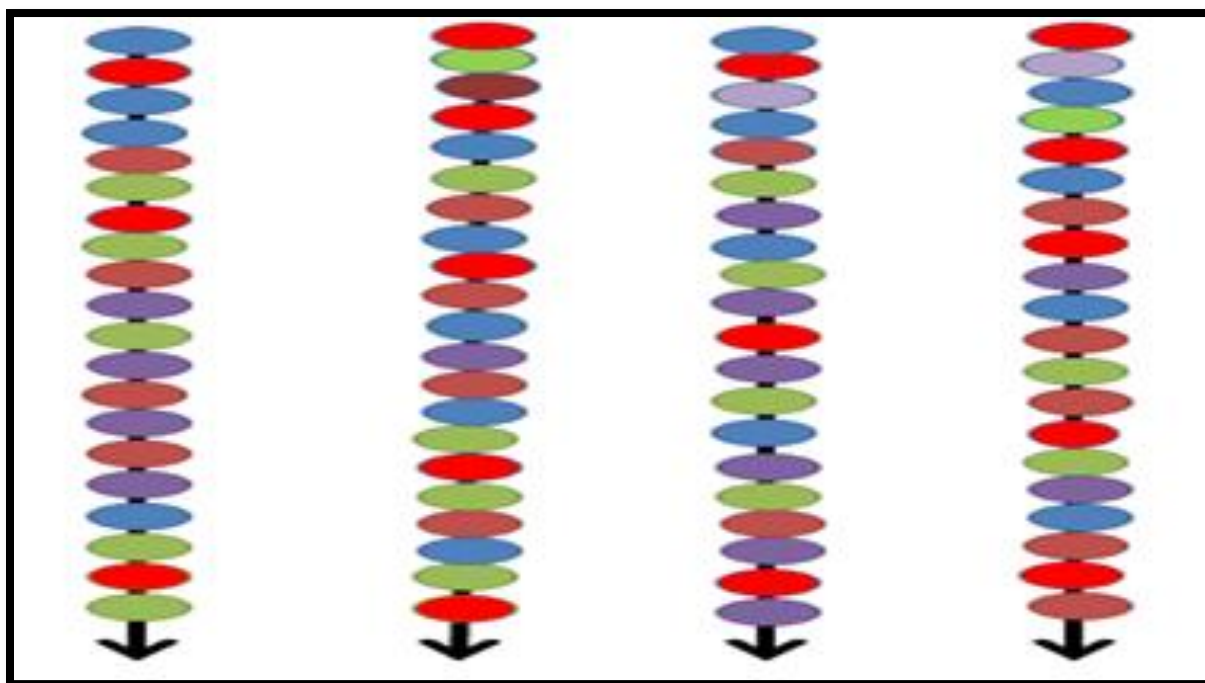


Figura 2. Distribución de los tratamientos en el invernadero. T1 (Testigo, suelo con fertilización convencional, morado), T2 (mezcla de tierra de monte y piedra pómez (relación 1:1) con fertirriego, verde), T3 (tezontle con fertirriego, azul), T4 (piedra pómez con fertirriego, café) y T5 (suelo con fertirriego, rojo). Cada hilera estuvo conformada por 44 macetas.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones, considerando una planta como unidad experimental, arrojando un total de 25 plantas evaluadas en cada análisis por variable. Se establecieron 35 plantas de cada tratamiento, para realizar siete muestreos a lo largo del desarrollo de las plantas, evaluando de acuerdo con lo indicado arriba, según diseño experimental mencionado. El total de unidades experimentales fue de 175, distribuidas

aleatoriamente; se puso una maceta más para que en cada hilera se tuviera un total de 44 macetas, quedando como resultado un total de 176 unidades experimentales (Figura 2).

3.7 Variables evaluadas

Los muestreos se realizaron a los 66, 80, 94, 108, 122, 136 y 150 d después de la siembra (dds). Las variables evaluadas fueron: materia fresca, seca y total, número de espigas por planta, número de flores por nudo, unidades SPAD en hojas y flores (campanas), altura del tallo principal por planta, longitud de espigas laterales por planta, diámetro de la flor, determinación de las etapas fenológicas del cultivo, tasa de crecimiento relativo, distribución de materia seca y la relación de producción de materia seca de la parte aérea y la raíz.

3.7.1 Materia fresca y seca

Se realizaron cinco muestreos destructivos a los 94, 108, 122, 136, 150 d después de la siembra, en los cuales las plantas se diseccionaron en raíz, hoja, tallo y flor (campana) y se pesaron para obtener el peso fresco en una balanza con una precisión de 0.1 g (modelo Adventurer Pro, marca Ohaus). Posteriormente se colocaron en bolsas de papel y se secaron en una estufa de aire forzado a 70 °C durante 72 h. Se dejaron enfriar y se determinó la materia seca. Los muestreos se realizaron cada 15 días, con el objetivo de ver el incremento de las plantas en el peso y correlacionarlos con la distribución de carbohidratos.

3.7.2 Número de espigas por planta

Se contabilizó el número de espigas por planta a los 94 d después de la siembra, fecha en que el desarrollo de espigas ya es medible.

3.7.3 Número de flores por nudo

El muestreo se realizó a los 150 d después de la siembra, en la cual se contaron las campanas que tenía cada nudo y se sacó un promedio de ellas. Esto se realizó solo en el tallo principal (Figura 3).

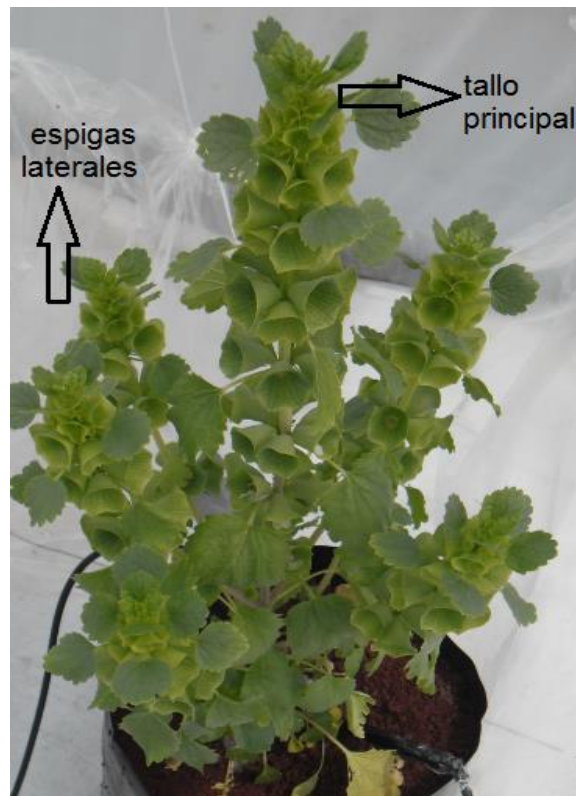


Figura 3. Tallo principal y de espigas laterales de *Moluccella laevis* L. cuando la fase de floración está en desarrollo.

3.7.4 Unidades SPAD de las hojas y las flores (campanas)

Los muestreos se realizaron a los 108, 122, 136 y 150 d después de la siembra. La evaluación se determinó con un medidor portátil de clorofila (SPAD-502, Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japón), en hojas que se ubicaban en la parte baja, media y alta del tallo floral. Se muestrearon las campanas de las flores de la parte media y alta del tallo floral.

3.7.5 Altura del tallo principal por planta

Se realizaron siete muestreos a los 66, 94, 108, 122, 136 y 150 d después de la siembra, para la medición de la longitud del tallo principal. Se midió la longitud de la base hasta el ápice del tallo con un flexómetro comercial (TRUPER, 3 m GRIPPER, TERTULIANET).

3.7.6 Longitud de espigas laterales por planta

Las mediciones de las espigas laterales se realizaron en los dos últimos muestreos (136 y 150 d después de la siembra). Se midió la longitud de la espiga desde la base hasta el ápice con un flexómetro comercial (TRUPER, 3 m GRIPPER, TERTULIANET).

3.7.7 Diámetro de la flor

Con un vernier digital (caldi-6mp, Truper, USA) se midió el diámetro de la campana (Figura 4B), lo que comercialmente se le conoce como flor; ya que, botánicamente la campana es un verticilo floral (cáliz) y dentro del verticilo se encuentran los pétalos de la flor de color blanco con manchas rosadas como se aprecia en la Figura 4A.

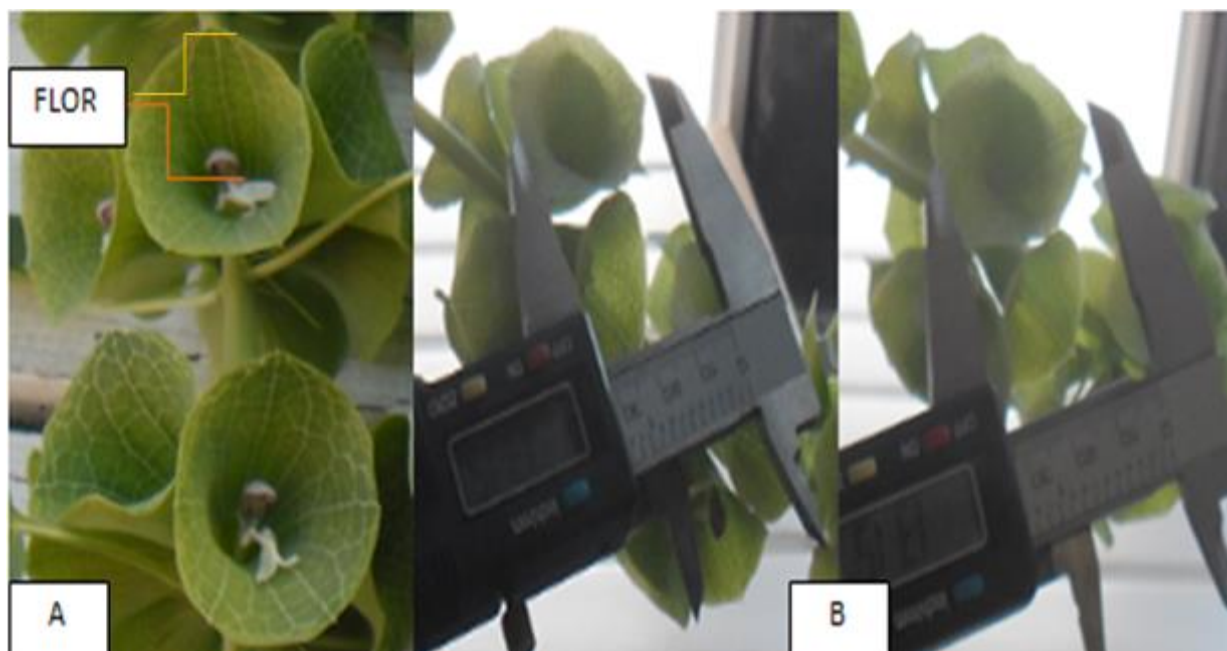


Figura 4. Flor de *Moluccella laevis* L. (A) y medición del diámetro de la campana (B) con un vernier digital.

3.8 Determinación de las etapas fenológicas del cultivo

Las etapas fenológicas del cultivo, se determinaron con base en las observaciones realizadas durante el ciclo de cultivo. Se registraron las temperaturas máximas y mínimas diarias, con las que se realizó el cálculo de las unidades térmicas también conocidas como grados-día de desarrollo (GDD), con el método residual (Ortiz, 1987), el cual emplea la siguiente expresión:

$$GDD = \sum [(T_{\text{mín}} + T_{\text{máx}})/2] - T_b$$

$$CT = \sum [GDD]$$

Dónde:

GDD= Grados-día de desarrollo

$T_{\text{mín}}$ = Temperatura mínima diaria, °C.

$T_{\text{máx}}$ = Temperatura máxima diaria, °C

T_b = Temperatura base a partir de la cual se desarrolla el cultivo de campana irlandesa (12°C) cero biológico (temperatura base) determinado bajo condiciones de cielo abierto (<http://www.coproa.com/3.html>).

CT= Constante Térmica, sumatoria de grados días de desarrollo durante una fase o proceso.

3.9 Tasa de crecimiento relativo (TCR)

Esta variable, se define como el incremento en biomasa por unidad de biomasa acumulada presente por unidad de tiempo ($\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$) (Radford, 1967; Sestak *et al.*, 1971). La TCR se calculó con la siguiente ecuación (Torres de la Noval, 1984).

$$\text{TCR} = \ln P_2 - \ln P_1 / t_1 - t_2$$

Dónde:

TCR: Tasa de crecimiento relativo

In P: Logaritmo natural del peso de la biomasa en dos fechas de muestreo

t_1 y t_2 : Indican los tiempos inicial y final, respectivamente

3.10 Distribución de materia seca

La distribución de fotosintatos se determinó con base en materia seca (g) acumulada.

3.11 Relación de producción de materia seca de la parte aérea y la raíz

La relación de la parte aérea y la raíz de una planta determinan su potencial de establecimiento y producción; por lo que una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5, ya que valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de agua y nutrimentos a la parte aérea de la planta (Rodríguez, 2008). Se determinó por la relación parte aérea-raíz con el peso seco de ambos órganos.

3.12 Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS versión 8.2 (SAS, 1998), particularmente con el procedimiento GLM. Cuando los análisis mostraron diferencias

significativas entre tratamientos, se realizó la comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). La representación gráfica de los datos se realizó con el programa SigmaPlot (versión 12.3)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Producción de materia fresca

La materia fresca por órgano en plantas de campana irlandesa aumentó con la edad del cultivo, independientemente de la época y sustratos estudiados. La producción mayor se cuantificó al final del período, cuando alcanzo la madurez comercial.

4.1.1 Materia fresca de los tallos

Para esta variable se consideraron todos los tallos principales y laterales. Adams (1982) menciona que el tallo es un órgano de sostén, de arquitectura y de almacén, que sirve para la translocación de agua, nutrimentos y asimilados, funciones de gran importancia en la productividad de los cultivos. Una misma altura de la planta y un aumento en la biomasa del tallo implica un vástago con mayor grosor y por lo tanto se espera una mayor área transversal de colénquima y esclerénquima. Lo anterior hace que aumente su capacidad de sostener las estructuras reproductivas sin que se doble la planta, evitando posibles daños a los tejidos de conducción (Regalado, 2002).

Los valores promedios de materia fresca de los tallos, obtenidos por tratamientos en fechas evaluadas muestran diferencias significativas (Figura 5). En el muestreo (94 d) los tratamientos se ordenaron de mayor a menor de la siguiente forma: T1 (suelo con fertilización convencional), T5 (suelo con fertirriego), T3 (tezontle con fertirriego), T4 (piedra pómez con fertirriego) y por último el T2 (tierra de monte y fertirriego)

En los siguientes muestreos (108 y 122 d) el mayor peso fresco del tallo se presentó en el suelo con fertirriego (T5). A los 136 d el tratamiento T3 obtuvo el mayor peso con un promedio de 243.95 g; el tratamiento T1 y T5 no mostraron diferencias para esta fecha; por el contrario el T4 y T2 si presentan diferencias estadísticas aunque sus valores fueron menores al tratamiento T1.

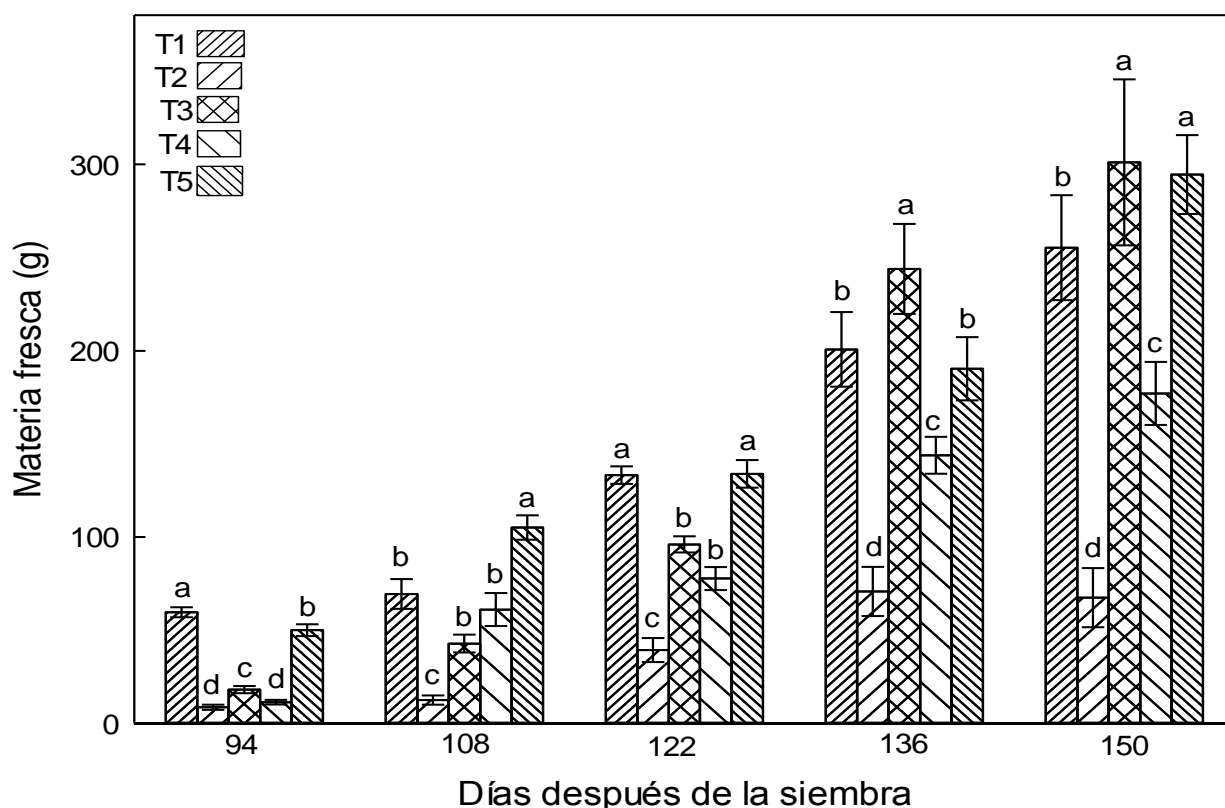


Figura 5. Producción de materia fresca (g) de los tallos por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

En el último muestreo (150 d), en los tratamientos T3 y T5 se observó el mayor peso fresco de tallos, los valores intermedios se presentaron en los tratamientos 4 y 5; en el T2 se produjo el menor peso fresco de tallo en los cinco muestreos, debido a que al mezclarse materiales de naturaleza diferente, sus propiedades físicas y micro

morfológicas se hacen más complejas (Anicua *et al.*, 2009), los materiales orgánicos e inorgánicos presentan diferentes tipos de poros con diferentes funciones (Pape y Lager, 1994), por lo que sus propiedades varían en función de la proporción en la que se mezclen.

La tierra de monte alcanza una capacidad alta de retención de humedad gravimétrica (hasta 158%), pero no la libera fácilmente, ya que presenta micro poros que impiden el buen drenaje. Por el contrario, la piedra pómez alcanza el 70 % de la capacidad de retención de humedad gravimétrica, y la libera fácilmente por los macro poros que presenta. Cuando se combinan las partículas orgánicas e inorgánicas de un mismo diámetro, se forman poros de empaquetamiento complejo (Bullock *et al.*, 1985), y las propiedades físicas se relacionan con la humedad gravimétrica.

Los tratamientos T1, T3 y T5 se formaron los tallos con mayor materia fresca con respecto a los demás tratamientos; así mismo, al originarse un tallo más grueso se facilita el traslado de agua, nutrimentos y asimilados formando así estructuras más resistentes al acame, que favorece el crecimiento y desarrollo de la misma.

4.1.2 Materia fresca de las hojas

La capacidad de un cultivo para interceptar la radiación solar y realizar la fotosíntesis no solo depende de la distribución de la radiación solar entre los estratos, sino también de la cantidad total de ésta absorbida por cada estrato y la absorción depende del hábito de crecimiento, del ángulo, disposición, arreglo, forma y orientación de las hojas (Nobel y Long, 1988).

En general, el mayor peso de materia fresca de las hojas de *Moluccella laevis* L. se obtuvo en los tratamientos T1, T3 y T5; mientras que en el T2 se observó el menor peso en esta variable. Todos los tratamientos alcanzaron su valor máximo a los 150 d. No se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos T1, T3 y T5. Con lo que respecta a las plantas de los tratamientos T2 y T4 tuvieron los valores más bajos, mostrando diferencias estadísticas entre ellos (Figura 6).

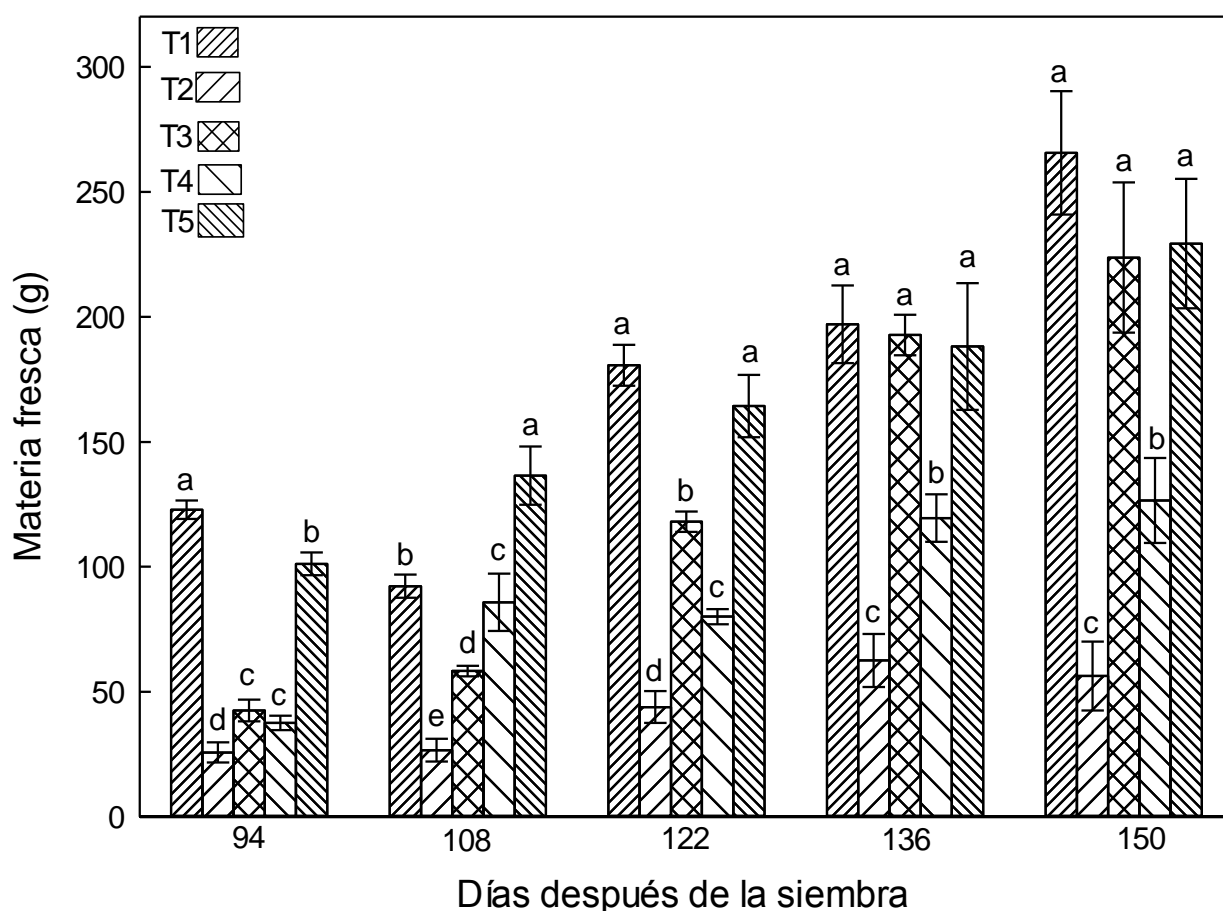


Figura 6. Producción de materia fresca (g) de hojas por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

Al poseer el 7.48 % de materia orgánica el T2 se pensaría que favorece la aireación y la retención de agua en el suelo, además de transportar nutrientes a la raíz; sin embargo, por la compactación que sufrió durante los riegos y al poseer partículas pequeñas disminuyeron la porosidad interna afectando la disposición de agua y nutrientes para la planta, (Handreck y Blanck, 1984). Por su parte, Milks *et al.* (1989a) mencionan que un sustrato debe presentar una porosidad y capacidad de retención de agua elevada, asociados a un buen drenaje y una buena aireación que le permite cumplir correctamente las funciones de regulación en el suministro de agua y aire. Es muy probable que estos factores hayan determinado directamente la acumulación de materia fresca en las hojas de campana irlandesa. Por lo que se recomienda estudiar las características físicas, químicas y programar los riegos dependiendo del tipo de sustrato que se utilice, para evitar daños a la planta o una disminución en la calidad.

4.1.3 Materia fresca de la flor (campana)

La distribución de materia puede cambiar durante el desarrollo de un cultivo, debido a las relaciones fuente-demanda. Es importante considerar que los factores climáticos pueden influir en la distribución a corto plazo de fotoasimilados, como consecuencia de la respuesta de la demanda de los órganos a los cambios de las condiciones externas, y, que también a largo plazo, a través del efecto que ejercen en el número de órganos de demanda que crecen en la planta (Peil y Gálvez, 2005).

En el peso fresco de campana (flores) de *Moluccella laevis* L. se observaron diferencias significativas entre tratamientos. En el suelo con fertilización tradicional se presentó el peso fresco mayor en los muestreos de los 122 y 136 días después de la siembra. Sin

embargo, en el muestreo a los 150 d, el peso fresco de las campanas fue estadísticamente igual en el suelo con fertilización convencional, tezontle con fertirriego y suelo con fertirriego (Figura 7). Los resultados anteriores sugieren que el tezontle (T3) puede ser una alternativa para la producción de esta especie en espacios protegidos, manteniendo la calidad de los órganos comerciales.

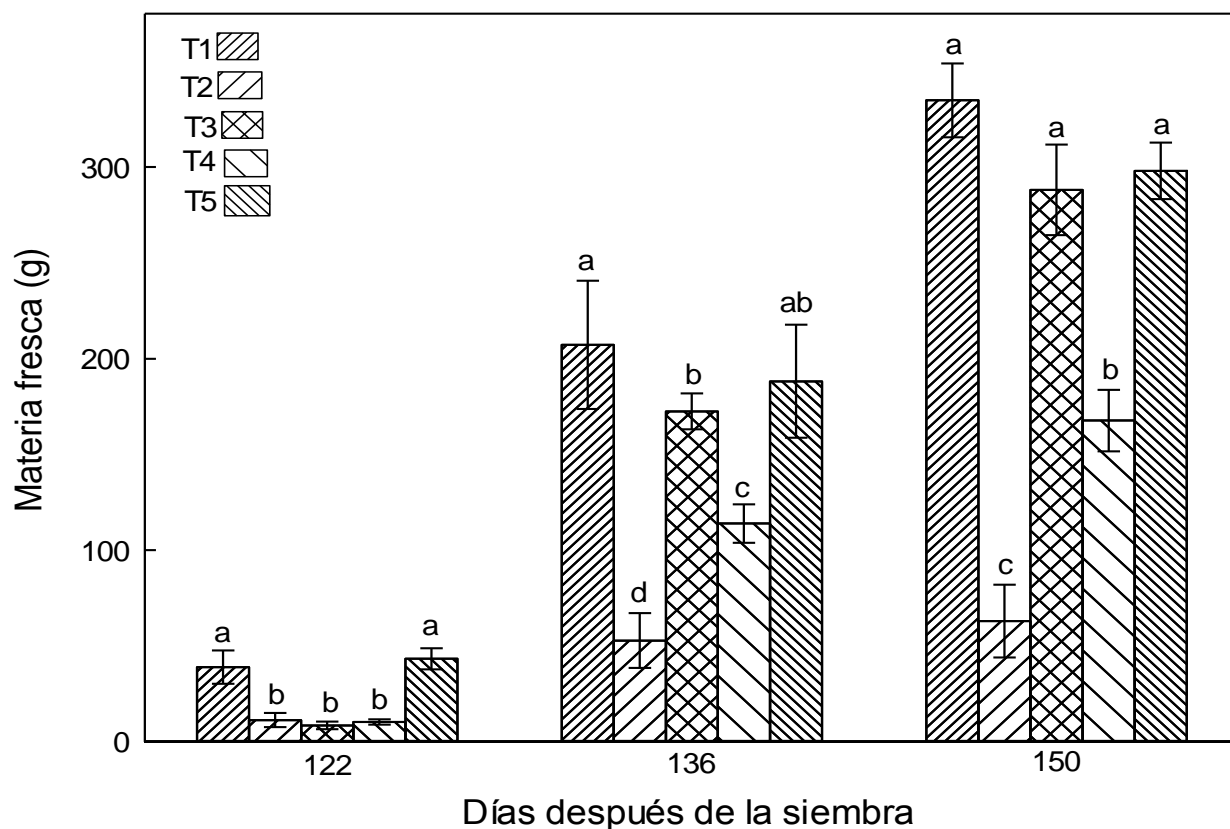


Figura 7. Producción de materia fresca (g) de flor por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas ± el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

El tezontle tiene una capacidad alta de aireación, lo que conlleva a proporcionar agua y oxígeno a la raíz, resaltando que un buen suministro de oxígeno en la zona radical propicia efectos inmediatos sobre la forma y el crecimiento de la misma, así como un

incremento de la actividad metabólica, absorción de agua y nutrimentos (Raviv *et al.*, 2004). Por lo tanto, los resultados sugieren que las plantas del tratamiento T3, tuvieron un desarrollo en materia fresca de la campana, conocida comercialmente como flor, similar al tratamiento testigo (T1). Es probable que los resultados obtenidos se deben en gran parte a las características físicas y químicas del sustrato (principalmente el tamaño de partícula), proporcionando oxigenación a la raíz y espacio suficiente para su desarrollo y permitir que los tejidos desarrollen tasa respiratorias adecuadas y superficie de contacto suficientes, que permitan la absorción balanceada de los nutrimentos (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

4.2 Producción de materia seca

El rendimiento de un cultivo está dado por la capacidad de acumular biomasa (materia fresca y seca) en los órganos que se destinan a la cosecha y un incremento de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento. Así, la distribución de materia seca (MS) entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de cultivos (Peil y Gálvez, 2005).

4.2.1 Materia seca de la raíz

El conocimiento del ambiente radical y la eficiencia de la raíz, para la absorción de agua y nutrimentos, es muy importante para el entendimiento de los factores que afectan la cantidad y calidad del rendimiento. En la Figura 8, se reportan los valores promedio de la producción de materia seca (MS) (g) en diferentes fechas de evaluación de la raíz. La producción de MS de la raíz tuvo un comportamiento típico de una curva

de crecimiento a lo largo de los cinco muestreos realizados en casi todos los tratamientos estudiados.

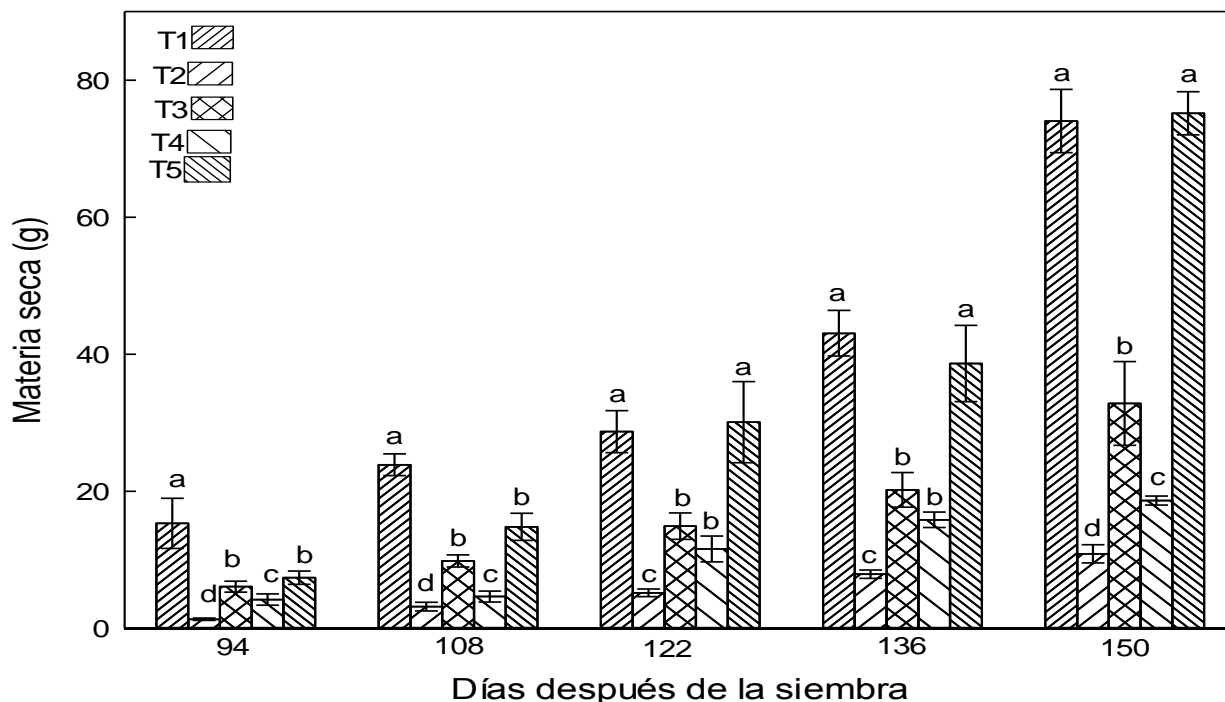


Figura 8. Producción de materia seca (g) de la raíz por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

En los muestreos (94 y 108 d) el tratamiento testigo (T1) presentó la acumulación mayor de MS y fue estadísticamente diferente de los otros cuatro tratamientos. Posteriormente en los muestreos de 122, 136 y 150 d el tratamiento T5 igualó la acumulación de MS con el T1 y estos dos tratamientos fueron diferentes estadísticamente de los otros tres tratamientos; el T2 fue el tratamiento que presentó la acumulación menor de MS en todos los muestreos realizados. Este resultado puede ser atribuido a que la tierra de monte al mezclarse con la piedra pómez obtuvo una conductividad eléctrica de 2.63 dS m^{-1} , lo que probablemente limitó la absorción de

nutrimentos para su crecimiento y desarrollo (Burés, 1997). Además la mezcla presentó partículas variadas y de diferente tamaño, lo cual pudo ocasionar una dificultad para la penetración del sistema radical y por consecuencia menor desarrollo de raíz, como lo señala (Muratalla, 2003), quien encontró excesiva compactación cuando se utilizaron partículas de tamaños diferentes. Para que los tejidos desarrollen tasas respiratorias adecuadas, deben contar con espacio suficiente para la absorción balanceada de nutrimentos (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

A los 136 y 150 d, el T4 disminuyó la cantidad acumulada de biomasa en la raíz con 18.66 g, probablemente por los poros tan grandes que posee y que incrementan la pérdida de agua y nutrientes para la planta. El origen de la piedra pómez le proporciona una gran cantidad de poros (huecos y cavidades) que le confieren una densidad baja (absorbe y retiene poca agua), por lo que puede flotar sobre el agua a causa del aire contenido en sus cavidades y celdas cerradas, dando como resultado una porosidad mayor y solidez de las partículas (De Paepe, 1991)

4.2.2 Materia seca del tallo

El análisis de los resultados de la producción final de materia seca total en tallos (150 d) permite señalar que el valor máximo (68.25 g) se obtuvo en las plantas cultivadas en el suelo con fertilización tradicional (testigo), en tanto que el valor mínimo (18.22 g) se presentó en los tallos de las plantas cultivadas en la mezcla de tierra de monte y piedra pómez (T2). El análisis estadístico de los resultados de esta variable por etapa fenológica, presentó diferencias significativas entre tratamientos (Figura 9). Estas diferencias pueden ser atribuidas a las características físicas del sustrato utilizado en el

experimento, debido a que en los tratamientos con suelo, desde el trasplante, las plantas mostraron mejor crecimiento en comparación a las establecidas en la mezcla.

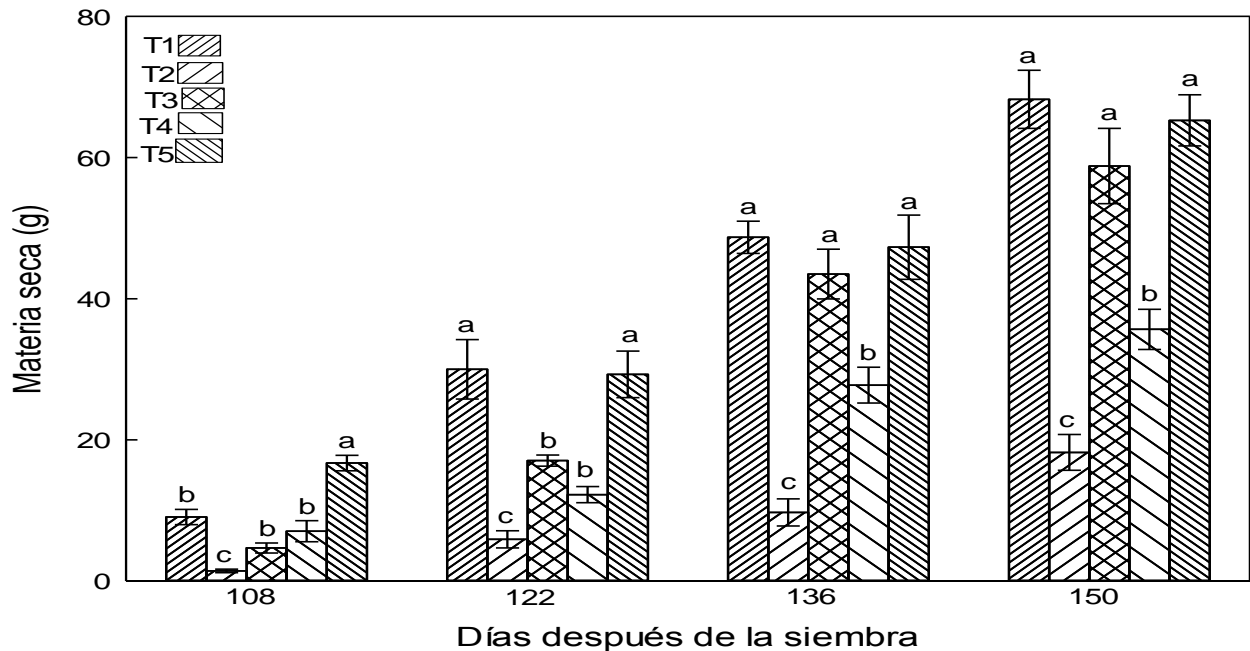


Figura 9. Producción de materia seca (g) del tallo por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

A los 136 y 150 d los tratamientos T1, T5 y T3 no presentaron diferencias estadísticas, lo que significa que estos tratamientos produjeron la misma cantidad de materia seca en tallos de campana de Irlanda; por lo tanto se puede producir este cultivo en tezontle, bajo condiciones de hidroponía e invernadero; ya que el comportamiento de las partículas de tezontle en cuanto a la capacidad de retención de agua, fácilmente disponible y de reserva, ayudaron al crecimiento y desarrollo de la raíz que favorecieron a la producción de biomasa seca del tallo de *Moluccella laevis* L.

Wallach *et al.* (1992) y Raviv *et al.* (2002) mencionan que el tezontle se caracteriza por su alta porosidad y área superficial. Ofrece buen drenaje y aunque no aporta nutrientes, guarda el calor y no es permeable, ni aislante (Jaroslav, 1990). Además presenta macro y micro poros, que ayudaron a la retención de agua y nutrimentos (Brady y Weil, 1999).

4.2.3 Materia seca de las hojas

El valor máximo de la producción final (150 d) de materia seca de la hoja (52.61 g) correspondió a las plantas del tratamiento T1. El análisis estadístico de los resultados de la producción final indicó que se obtuvieron diferencias significativas. Los tratamientos T1, T3 y T5 (Figura 10), obtuvieron la producción mayor de materia seca debido probablemente a que el suelo posee partículas que retienen mayor humedad, además al no ocurrir compactación, la aireación permitió mejor crecimiento radical y absorción de nutrimentos repercutiendo en el crecimiento vegetativo de la planta.

Caso contrario ocurrió en el T2, donde se presentó compactación del sustrato, impidiendo el desarrollo de las raíces. En las plantas que crecieron con piedra pómez (T4), y con las mismas frecuencias de riego, fueron las que absorbieron la menor cantidad de elementos, lo que provocó un pobre desarrollo del cultivo. Una vez más se demuestra que el tezontle, es el sustrato donde las plantas de *Moluccella laevis* L. presentaron mejor desarrollo, comparadas con la mezcla (T2) y piedra pómez (T4) al no haber diferencias estadísticas entre el tratamiento T1, T3 y T5. Además de poseer partículas que ayudan a la retención de agua y absorción de nutrientes, el tezontle, es fácil de adquirir en el Estado de México y tiene un costo bajo.

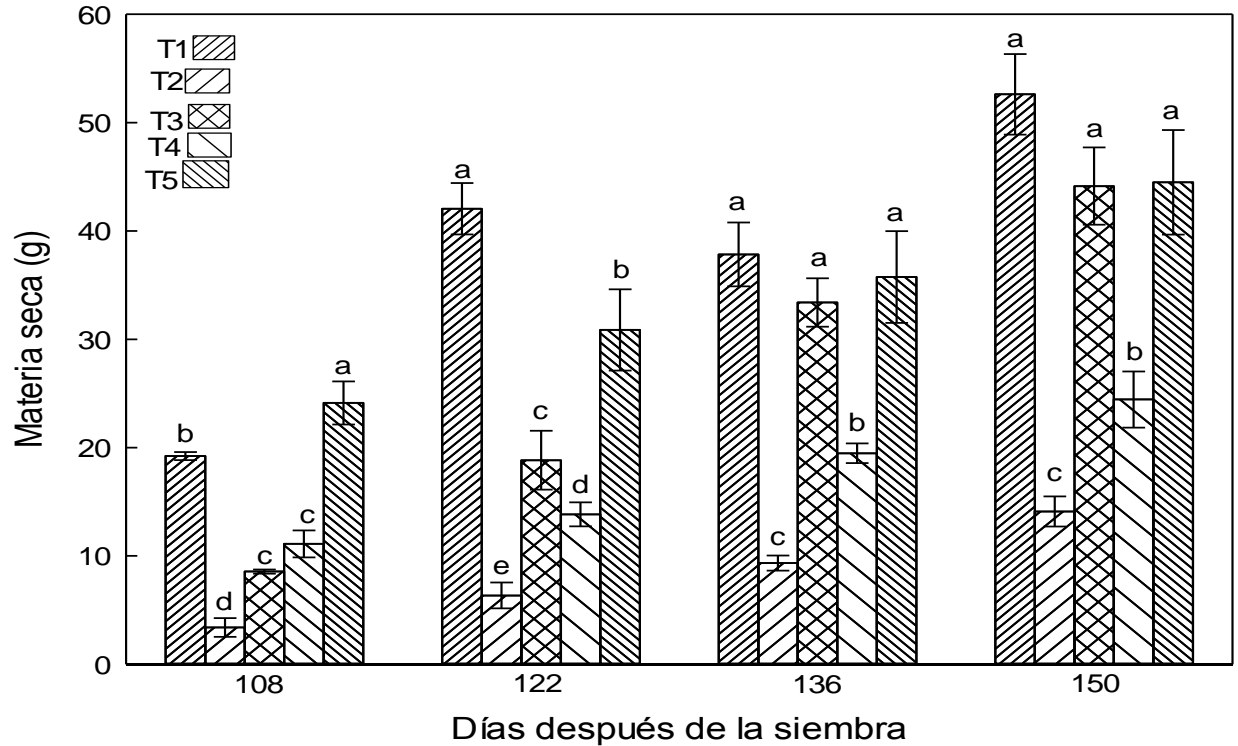


Figura 10. Producción de materia seca (g) de la hoja por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

4.2.4 Materia seca de las flores (campanas)

El rendimiento de un cultivo está determinado por su capacidad de acumular biomasa en los órganos de interés y un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento. La distribución de materia seca entre los diferentes órganos de una planta juega un papel fundamental en la producción del cultivo y es el resultado final de un conjunto ordenado de procesos metabólicos y de transporte que gobiernan el flujo de foto asimilados a través de un sistema fuente-demanda (Peil y Gálvez, 2005).

Los resultados de la comparación de las medias de tratamiento por etapa fenológica (Figura 11), muestran que para esta variable se obtuvieron efectos significativos en todas las etapas. Estos resultados muestran que en el primer muestreo (122 d), el tratamiento T1 y T5 fueron mejores que los T2, T3 y T4. Sin embargo, a los 136 y 150 dds (días después de la siembra) no se observaron diferencias significativas en el peso seco de las campanas en las plantas cultivadas en suelo con fertilización convencional (T1), en el de tezontle con fertirriego (T3) y en las de suelo con fertirriego (T5).

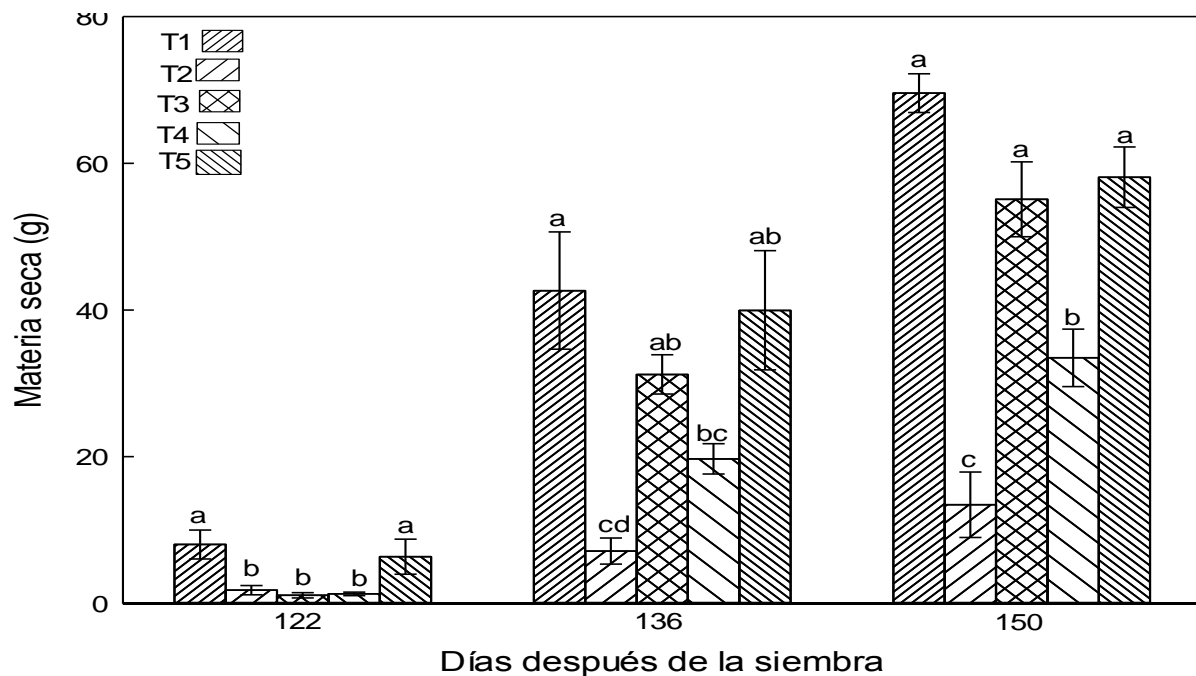


Figura 11. Producción de materia seca (g) de la flor por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

4.2.5 Materia seca total por planta

No se observó diferencia estadística en la acumulación de materia seca total en las plantas cultivadas en el suelo con fertilización convencional (testigo) y en las cultivadas en suelo con fertirriego, tratamientos en los que se observó el mayor peso seco total; el tratamiento que obtuvo el menor valor en esta variable, fue el T2 con un promedio de 27.15 g, marcando así una diferencia significativa (Figura 12). Si existe un buen drenaje y hay suficiente materia orgánica para que retenga la humedad y no endurezca al secarse, podemos hablar de un sustrato aceptable (Zacaula-Quintero, 2000).

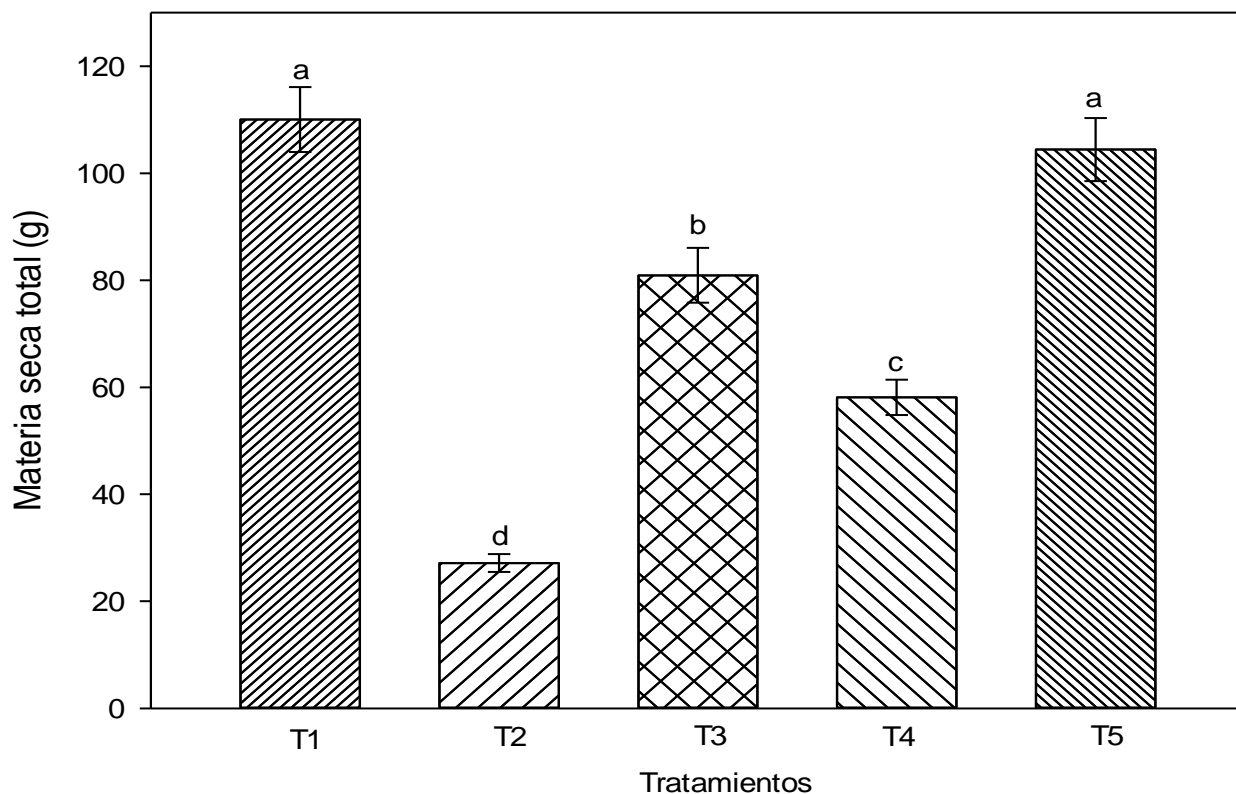


Figura 12. Producción de materia seca total por planta (g) de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

Sin embargo aunque la mezcla poseía el 7.48% de materia orgánica (según el método de Walkley. y Black, 1934), no produjo buenos resultados, ya que presentaba partículas muy diversas que impedían el drenaje y aireación suficiente para el desarrollo de las raíces, impidiendo el crecimiento de la planta y concluyendo con una producción baja de materia seca total.

4.3 Número de espigas por planta

Esta es una variable de calidad, ya que a mayor número de espigas, se incrementa la producción. El análisis estadístico de los datos, por fecha de corte, detectó efectos significativos de los diferentes sustratos en el número de espigas de las plantas de campana irlandesa (Figura 13); la mayor producción de tallos se manifestó en los tratamientos que tuvieron suelo como sustrato, aunque el tezontle fue muy competitivo, que es una alternativa viable para la producción de campana irlandesa. En la última medición (150 d), el máximo número de tallos emitidos por planta (81) se presentó en el tratamiento 5 y el número menor de tallos emitidos (30) correspondió a las plantas del tratamiento 2.

Hay una gran diferencia entre los tratamientos, calculando la producción por hectárea (ha^1) con plantas a 30 x 30 cm, los valores serían los siguientes:

$$T1 = 9 \text{ plantas} \cdot 10.000 \text{ m}^2 = 90,000 \text{ plantas} \cdot 75 \text{ tallos} = 6,750,000 \text{ tallos/ha.}$$

$$T2 = 9 \text{ plantas} \cdot 10.000 \text{ m}^2 = 90,000 \text{ plantas} \cdot 30 \text{ tallos} = 2,700,000 \text{ tallos/ha.}$$

$$T3 = 9 \text{ plantas} \cdot 10.000 \text{ m}^2 = 90,000 \text{ plantas} \cdot 66 \text{ tallos} = 5,940,000 \text{ tallos/ha.}$$

$$T4 = 9 \text{ plantas} \cdot 10.000 \text{ m}^2 = 90,000 \text{ plantas} \cdot 38 \text{ tallos} = 3,420,000 \text{ tallos/ha.}$$

$$T5 = 9 \text{ plantas} \cdot 10.000 \text{ m}^2 = 90,000 \text{ plantas} \cdot 81 \text{ tallos} = 7,290,000 \text{ tallos/ha.}$$

Al incrementarse la producción de espigas de campana irlandesa bajo invernadero, uso de soluciones y dándole buen manejo postcosecha, se pueden generar grandes ganancias. En particular, si se consideran las ventas por docena que se manejan en el mercado de la flor del Estado de México, con un valor de \$25 a lo largo de todo el año y en las fechas importantes (10 de mayo, 14 de febrero, fin de año, graduaciones, etc.) fluctúa entre 35 y \$50.

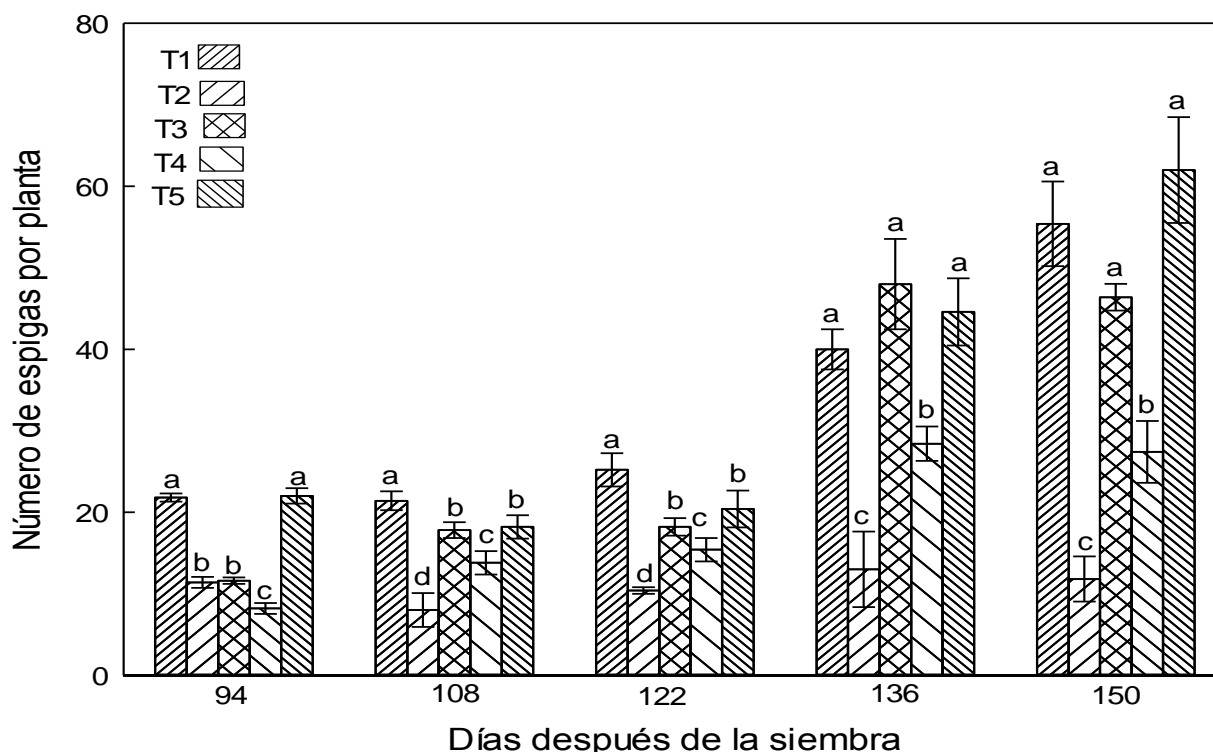


Figura 13. Número de espigas por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

4.4 Número de flores por nudo

En esta variable, aun después de hacer transformaciones no se cumplieron con los parámetros de normalidad y homogeneidad de varianzas, que se requieren para hacer

los análisis de varianza. Por lo tanto, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, que no requiere la distribución normal de los datos.

En la Figura 14 se muestran las diferencias entre tratamientos determinada por la prueba de Kruskal Wallis. Aunque los tratamientos T1 y T5 presentaron los valores de nueve y diez campanas por nudo, no favoreció la calidad del tallo floral, esto, debido a que, a mayor número de campanas, se redujo el tamaño de la flor (campana). Con base en lo anterior, los tratamientos con mejor calidad fueron T3, T4 y T5 con un promedio de ocho campanas por nudo (Figura 15). A mayor número de campanas por nudo, se reduce la calidad del tallo floral, porque las flores al aumentar en número reducen su tamaño, al tener menor espacio para desarrollo.

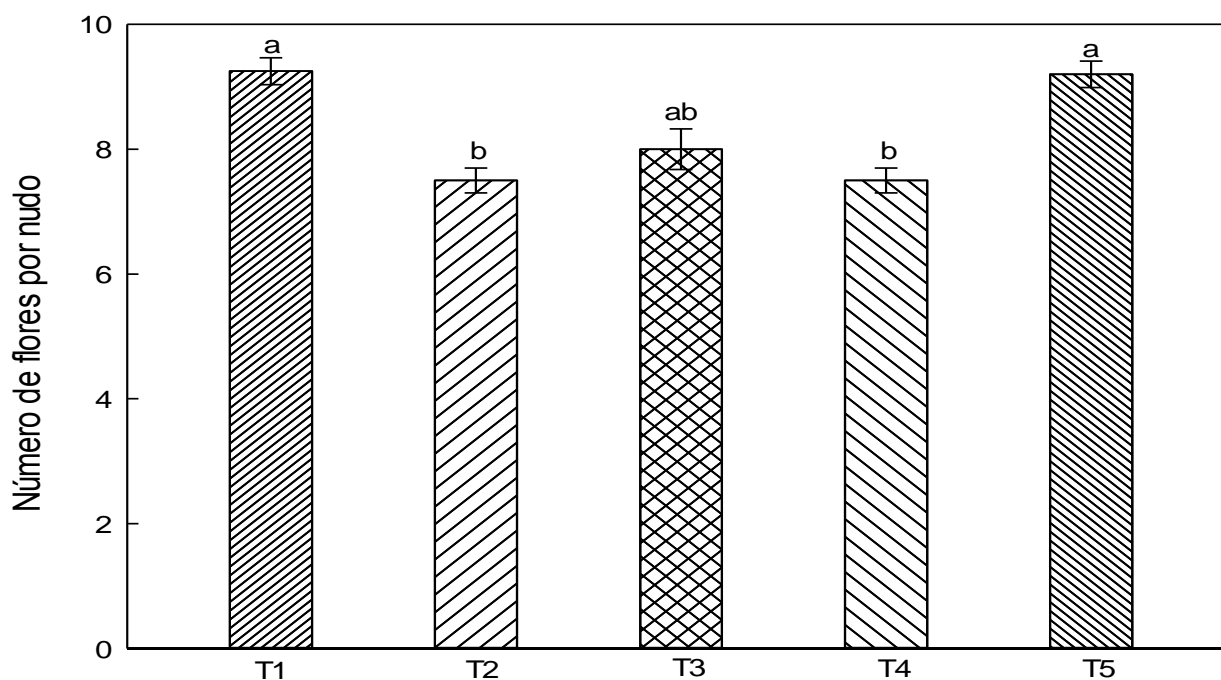


Figura 14. Número de flores por nudo del tallo principal por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

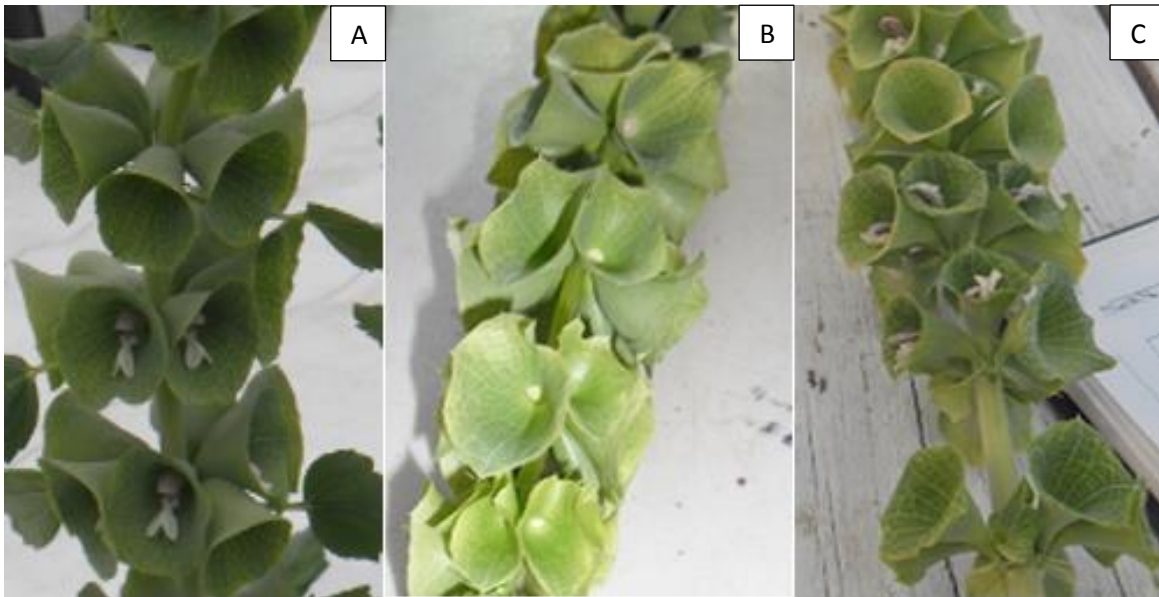


Figura 15. Tallos florales de *Moluccella laevis* L. a los 150 días después de la siembra. A: tezontle con fertirriego, B: suelo con fertilización convencional y C: suelo con fertirriego.

4.5 Unidades SPAD de las hojas y las flores (campanas)

Aunque con las lecturas SPAD se puede inferir la concentración de clorofila y la condición de nitrógeno en la planta, no se puede precisar con exactitud los valores, hasta correlacionarlos con los determinados analíticamente (Chang y Robison, 2003).

4.5.1 Unidades SPAD de las hojas

En los muestreos (108 y 122 dds), las unidades SPAD en los tratamientos con suelo y fertilización convencional y la mezcla de tierra de monte y piedra pómez fueron estadísticamente iguales y superiores a los demás tratamientos (Figura 16). En los siguientes dos muestreos (136 y 150 d) no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos.

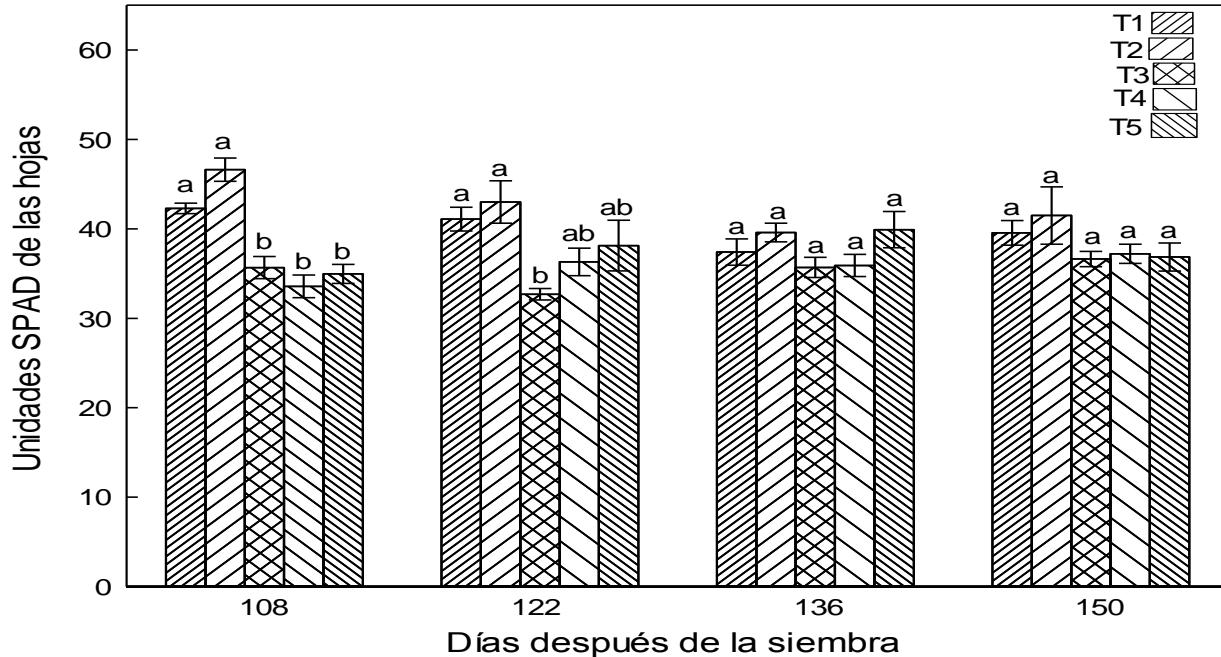


Figura 16. Unidades SPAD de las hojas de plantas de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

4.5.2 Unidades SPAD de las flores (campanas)

Las unidades SPAD de las campanas presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos a los 108, 122 y 150 dds. En este último muestreo, los valores más bajos se observaron en las plantas cultivadas en suelo con fertirriego y piedra pómez (Figura 17). Es importante notar, que estas unidades fueron en promedio 50% menores que las unidades SPAD de las hojas. Además, es importante resaltar que, contrario a lo que ocurrió con las otras variables, donde los valores de los tratamientos 1 y 5 eran mayores, en este caso fueron las menores. Sin embargo, la Figura 18 muestra que no hay diferencias visuales para esta variable.

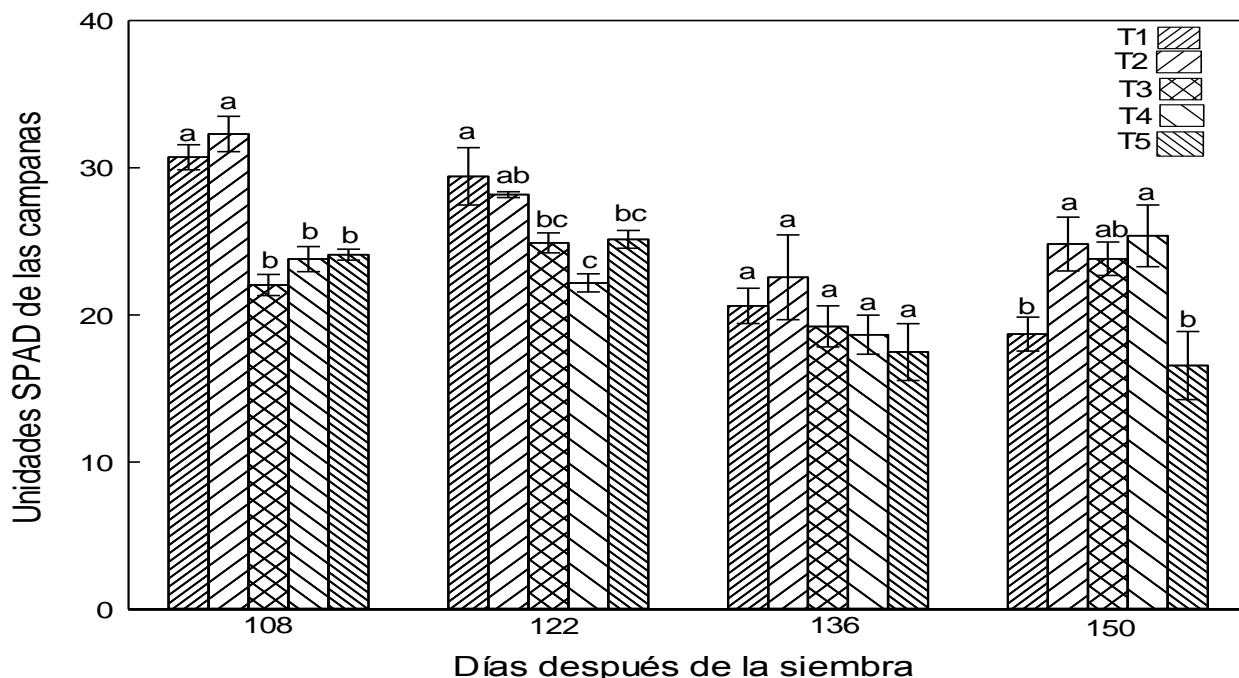


Figura 17. Unidades SPAD de la flor (campana) por planta de *Molucella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

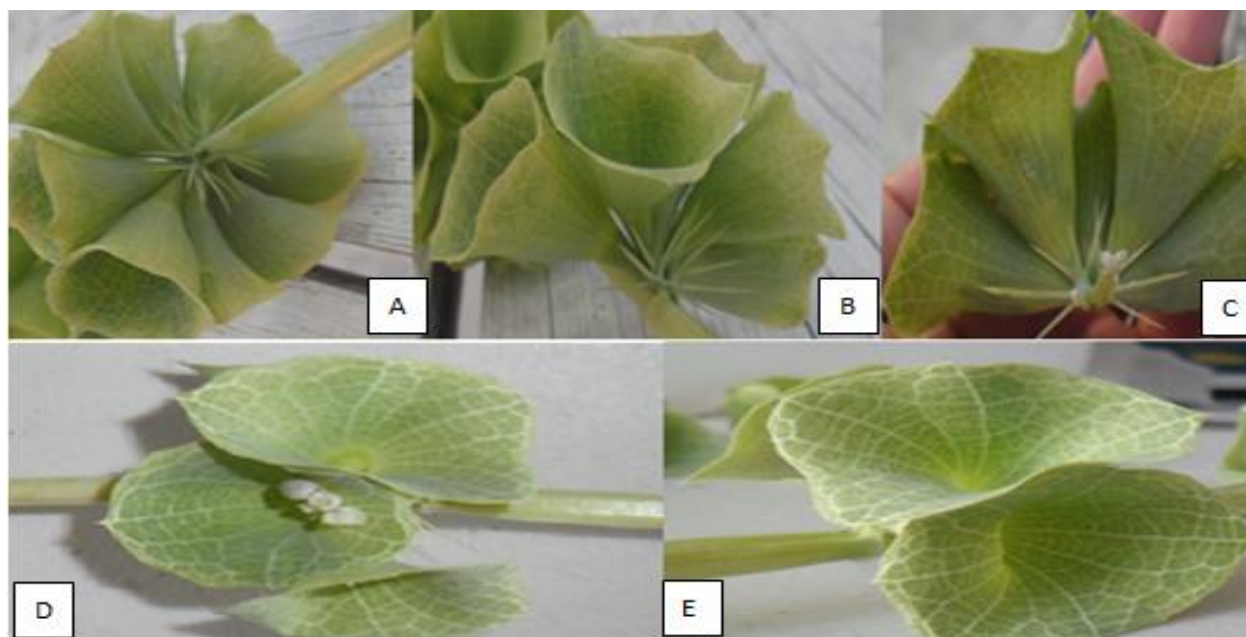


Figura 18. Unidades SPAD de la flor (campana) de *Molucella laevis* L. A: suelo con fertilización convencional, B: suelo con fertirriego, C: piedra pómez, D: tezontle con fertirriego y E: mezcla tierra de monte y piedra pómez con fertirriego.

4.6 Altura del tallo principal por planta

La primera medición se tomó como altura inicial de la planta; posteriormente se realizaron 5 muestreos. Debido al efecto del sustrato donde las plantas se desarrollaron, estos presentaban diferentes alturas. Al inicio del experimento, el tratamiento T1 y T5 tenían mayor altura y superaban estadísticamente a los tratamientos T2, T3 y T4 (Figura 19). Esta misma tendencia se presentó a los 108 y 122 d, resultando que el tratamiento T2 fue el que obtuvo una altura menor en comparación con los tratamientos.

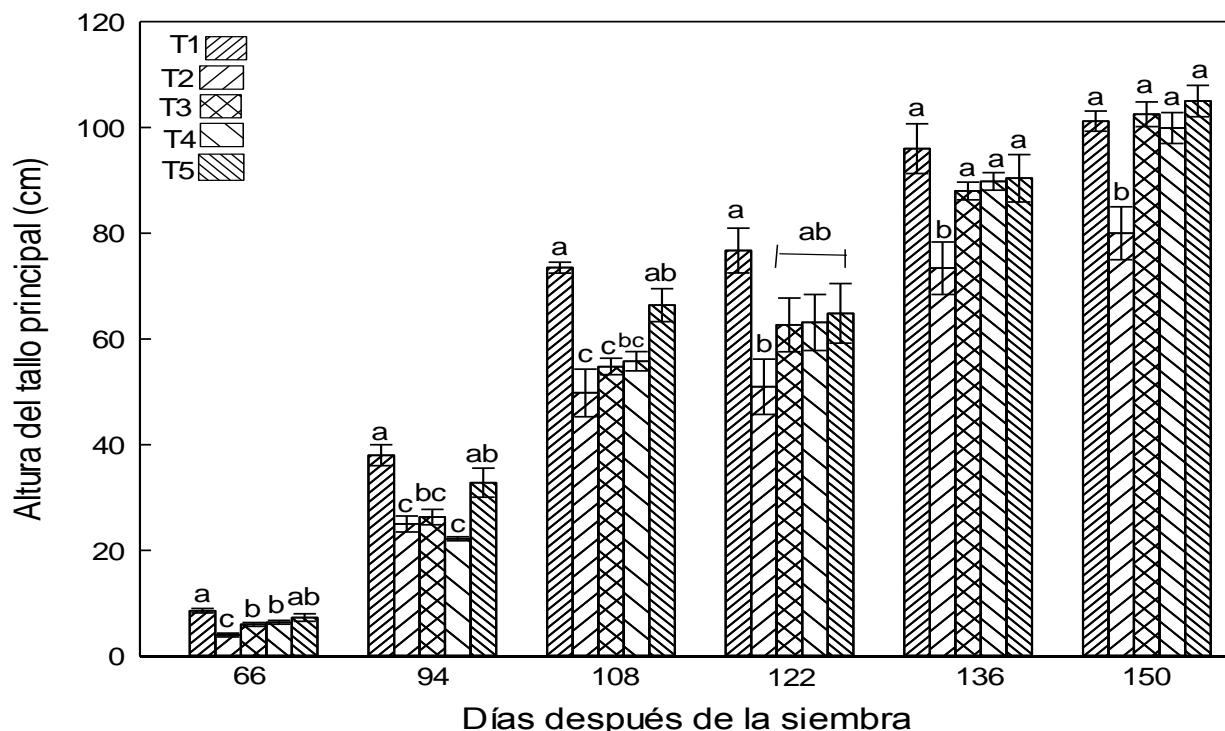


Figura 19. Altura del tallo principal de la planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

En la última fecha de evaluación (150 d), la altura máxima (117 cm) se observó en las plantas cultivadas en suelo con fertilización convencional (testigo), tezontle con fertirriego, piedra pómez con fertirriego y suelo con fertirriego y la mínima (64 cm) en las plantas cultivadas en la mezcla de tierra de monte y piedra pómez.

El crecimiento de la planta del T2 fue limitado por la tierra de monte debido a que posee mala aireación para las raíces (Burés, 1997); ya que por tener unas partículas finas tiende a compactarse, se pensó que al mezclarse con piedra pómez, se reduciría esta característica, sin embargo, al unirse, cambiaron sus propiedades físicas (Burés, 1997); esto significa que hay partículas que potencializan el crecimiento de las plantas y otras las limitan, debido a que cada tamaño presenta capacidad de retención de humedad (Anicua, *et al.*, 2009). En un estudio sobre sustratos para la producción de plántulas de lechuga bajo invernadero, utilizando tierra de monte, germinaza, vermicomposta, turba, perlita y vermiculita, Arias (1998) encontró que el mejor tratamiento fue la tierra de monte en mezcla con perlita hasta en un 33% del volumen total; concluyó que las diferencias encontradas entre los tratamientos fueron debidas a las diferencias de fertilidad y, por ello resalta la importancia de evaluar las características físicas como las químicas cuando se trabaje con sustrato.

En otra evaluación de cinco sustratos y dos cultivares de crisantemo para maceta bajo invernadero en Texcoco, Estado de México; Zarate (1995), encontró que las mezclas con germinaza fueron las mejores porque les permitió retener más humedad. Los materiales usados fueron: Germinaza, cascarilla de arroz, tierra de monte, turba y tezontle, aunque su trabajo no incluyó la descripción de las propiedades físicas y

químicas de los sustrato. Sin embargo, para esta investigación, la tierra de monte mezclado con piedra pómez no tuvo resultados favorables.

4.7 Longitud de espigas laterales por planta

La Figura 20 muestra que hay diferencias significativas entre tratamientos. La longitud de las espigas laterales fue estadísticamente superior en las plantas cultivadas en suelo con fertilización convencional (testigo, T1). La menor longitud se observó en las plantas cultivadas en la mezcla de tierra de monte y piedra pómez (T2).

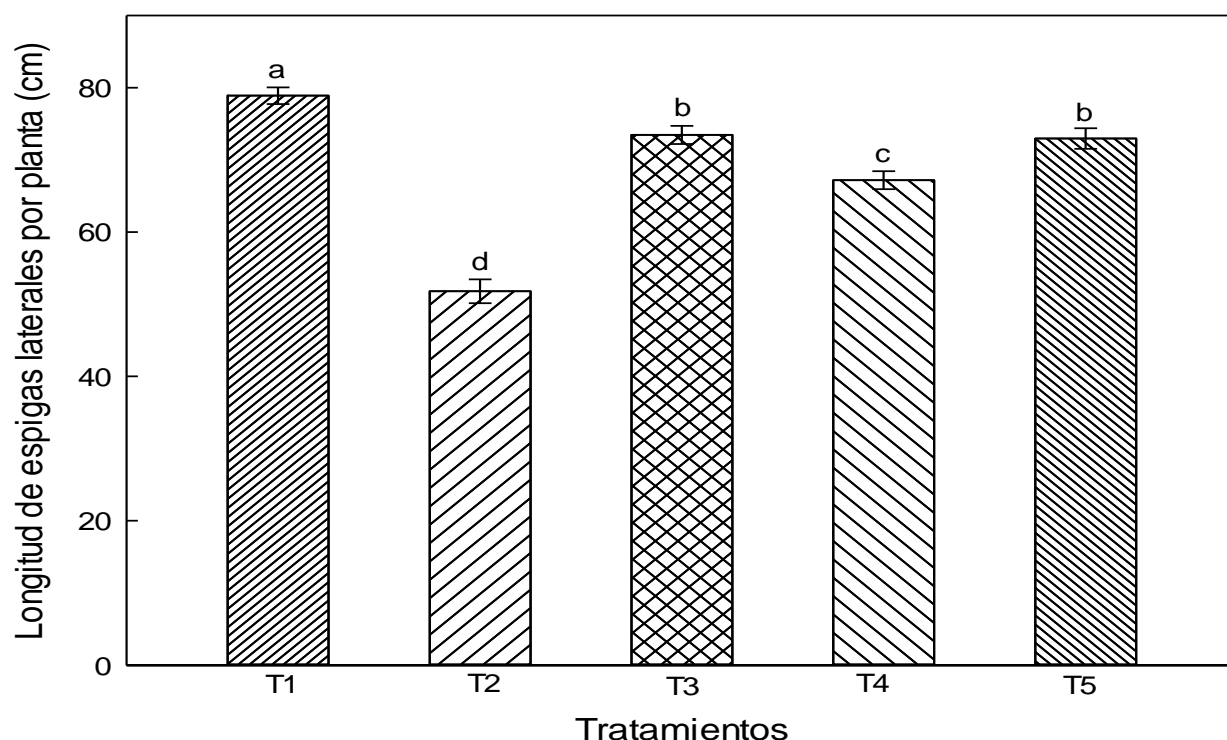


Figura 20. Longitud de las espigas laterales por planta de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 10 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

La mezcla de tierra de monte con piedra pómez, en la mayoría de las variables de estudio, fue la que favoreció menos el crecimiento de campana irlandesa, debido a que su porosidad de aire (45%) es desfavorable para el crecimiento de las plantas. Cabrera

(1998), señala un valor óptimo entre 10 y 20% en la capacidad de aireación; mientras que para Abad *et al.* (2004), el valor óptimo se encuentra entre 20 y 30% de volumen de aire. Además de un porcentaje bajo de retención de humedad (20%), presentó un pH de 4.90 y una conductividad eléctrica de 2.63 dS m⁻¹. Terrés *et al.* (2001) y Díaz (2004) indican que un pH ligeramente ácido (5.5-6.5) y una conductividad eléctrica que no sea mayor de 2.0 dS m⁻¹ son condiciones óptimas para el crecimiento de especies sensibles a conductividades eléctricas altas; la Campana Irlandesa está considerada como una especie sensible y, por lo tanto, las condiciones para su crecimiento en el T2 no fueron las ideales.

El suelo utilizado en este estudio, presentó un pH de 6.63 y una conductividad eléctrica de 0.29 dS m⁻¹. Esto probablemente favoreció el crecimiento de las plantas de campana irlandesa, sin embargo, donde se utilizó la mezcla como sustrato, el estrés provocado por acumulación de sales en la maceta, la humedad y la compactación después del secado del sustrato, pudo haber ocasionado la reducción del porte de la planta y, posteriormente, la calidad, como lo mencionaron Delfine *et al.* (2000).

Otros autores mencionan que el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta (Urrestarazu, 2004, Cadahía, 2005), mientras que Abad *et al.* (2004) sugiere que la finalidad de los sustratos en cualquier cultivo es producir una planta/cosecha de calidad, en periodo corto, con bajos costos de producción sin provocar un grave impacto ambiental. A mayor longitud de los tallos laterales, mayor será la ganancia; ya que el uso de los tallos florales de campana irlandesa se incrementa a mayor longitud, aportando mayor rendimiento en menor superficie de área cultivada.

4.8 Diámetro de la flor

Pinto *et al.* (2000) señala que una adecuada oxigenación, mejora el metabolismo y el equilibrio hormonal en las plantas, además de incrementar la tasa fotosintética y la absorción de nutrimentos, lo que da como resultado, plantas más productivas y más resistentes; como sucedió en las plantas crecidas en suelo y tezontle.

No se observó diferencia significativa entre tratamientos en el diámetro del cáliz floral.

El diámetro promedio de la flor fue de 1.40 cm (Figura 21).

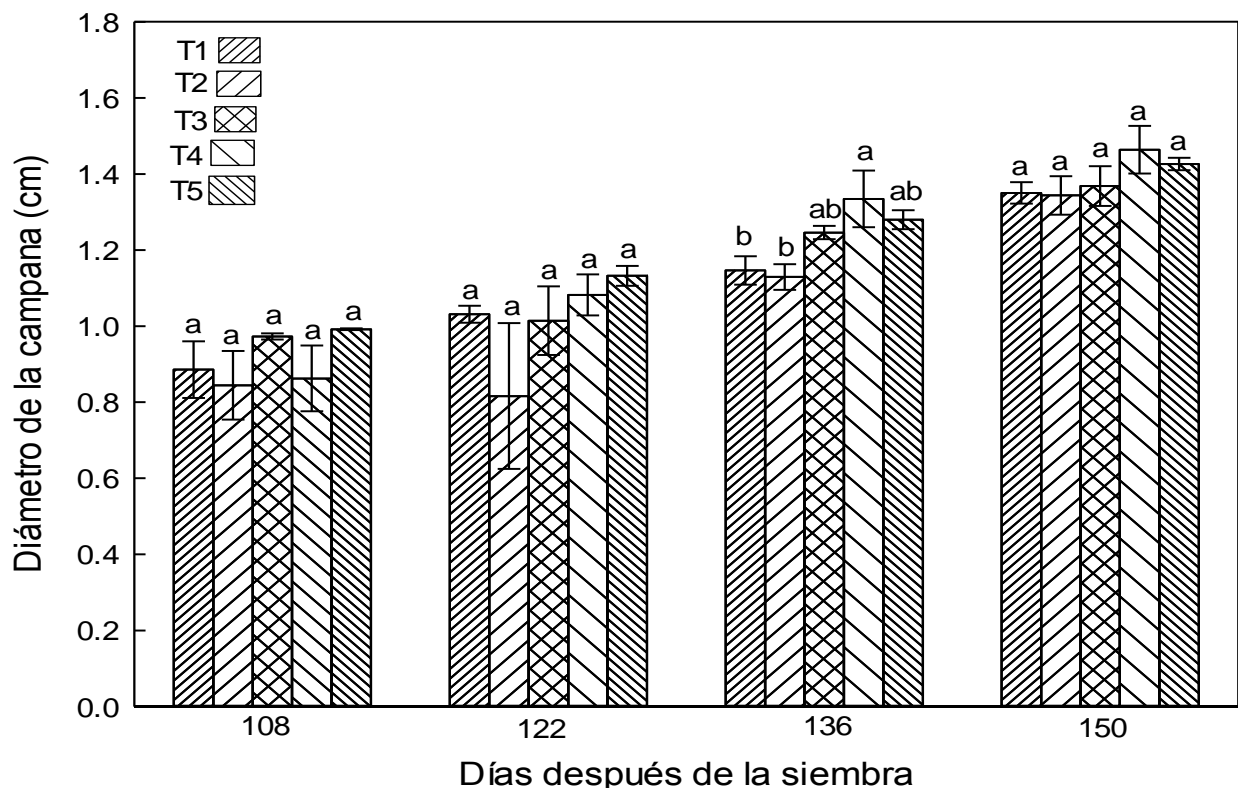


Figura 21. Diámetro de la flor (campana) de plantas de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

4.9 Etapas fenológicas y acumulación de grados-día de desarrollo (GDD)

La siembra se realizó el 24 de septiembre del 2013, fecha a partir de la cual se realizaron las observaciones de las etapas fenológicas del cultivo para relacionarlas posteriormente con la temperatura. Las etapas fenológicas se determinaron de la manera siguiente, de acuerdo a observaciones personales:

- a) Emergencia, se determinó con la aparición de los cotiledones.
- b) Plántula, se determinó con la aparición de dos hojas verdaderas.
- c) inicio de floración (aparición del verticilo (campana)).
- d) Floración, se determinó cuando la planta presentaba más de cinco espigas con flor.
- e) Madurez fisiológica, se determinó cuando las espigas alcanzaron una altura promedio de 90 cm.

Todas las etapas fenológicas se relacionaron con la fecha de siembra y se indican como días después de la siembra (dds) y las que ocurrieron después del trasplante (ddt) también se indican en función de este momento como días después del trasplante (Cuadro 2).

Se observa que las plántulas tardaron 12 d en emerger y requirieron de 58.43 GDD para alcanzar esta etapa. Después de la emergencia, su crecimiento en las charolas requirió de 35 d y 208.47 GDD. La floración se presentó a los 100 ddt y para ellos se acumularon 284.16 GDD a partir del trasplante.

El ciclo de campana de Irlanda fue mayor que las desarrolladas a campo abierto, debido principalmente a las bajas temperaturas en las que se cultivó, condiciones que retrasaron el crecimiento y desarrollo de las plantas, durante 60 días las temperaturas mínimas estuvieron por debajo de la temperatura base considerada (12°C).

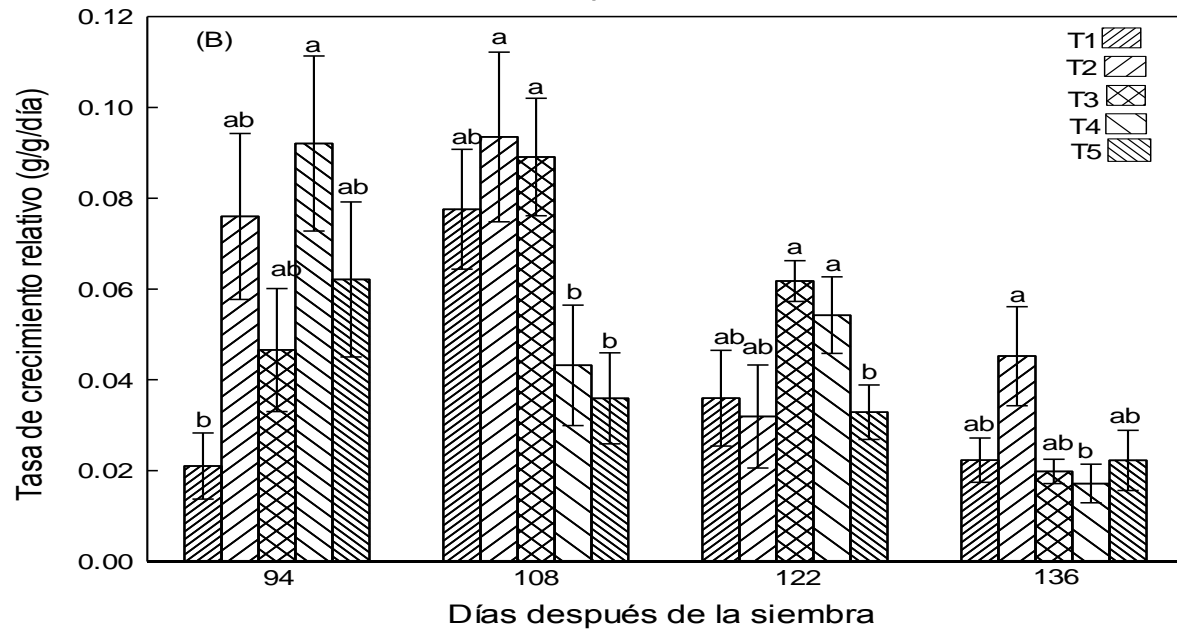
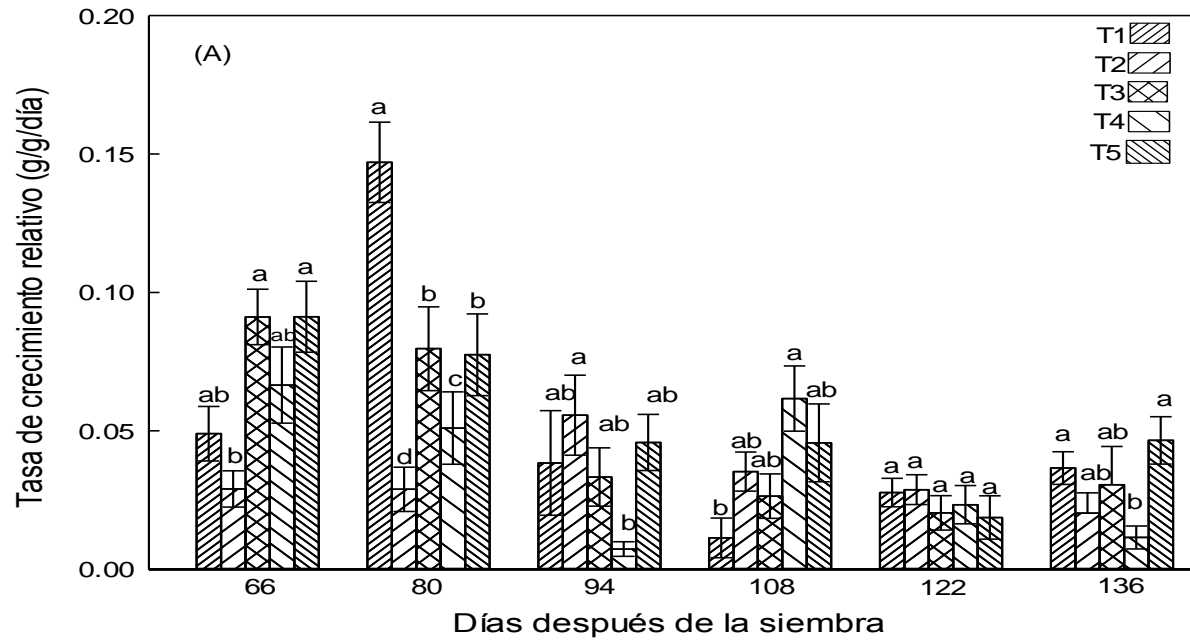
Cuadro 2. Duración de las etapas fenológicas y acumulación de grados día de desarrollo (GDD) de *Moluccella laevis* L.

Etapa fenológica	Días después de la siembra	Días después del trasplante	GDD acumulados
Emergencia	12	---	58.43
Plántula (29 de octubre)	35	0-30	565.93
Inicio de floración (aparición del verticilo (campana)	80	45	874.94
Floración	100	61	1683.28
Madurez fisiológica	150	115	2202.77

4.10 Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

Los valores promedios de la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) calculados, aparecen en la Figura 22. La TCR es una medida de la eficiencia en la producción de tejido nuevo, durante el tiempo del cultivo. Este índice no presentó diferencias significativas entre tratamientos; ya que fue similar en todos los órganos.

En cuanto a la raíz, se observó un ascenso de la TCR a los 66 hasta 80 d (Figura 22A), esto significa que este órgano es el primero que aumenta su tejido para adaptar a la planta en el medio de crecimiento y continuar con su desarrollo; todos los tratamientos siguieron la misma tendencia. El ligero incremento de la TCR coincide con lo mencionado por Milthorpe y Moorby (1982), quienes indican que este índice disminuye durante el desarrollo, pero que ese efecto se puede compensar si las condiciones ambientales son favorables.



Continúa en la siguiente página

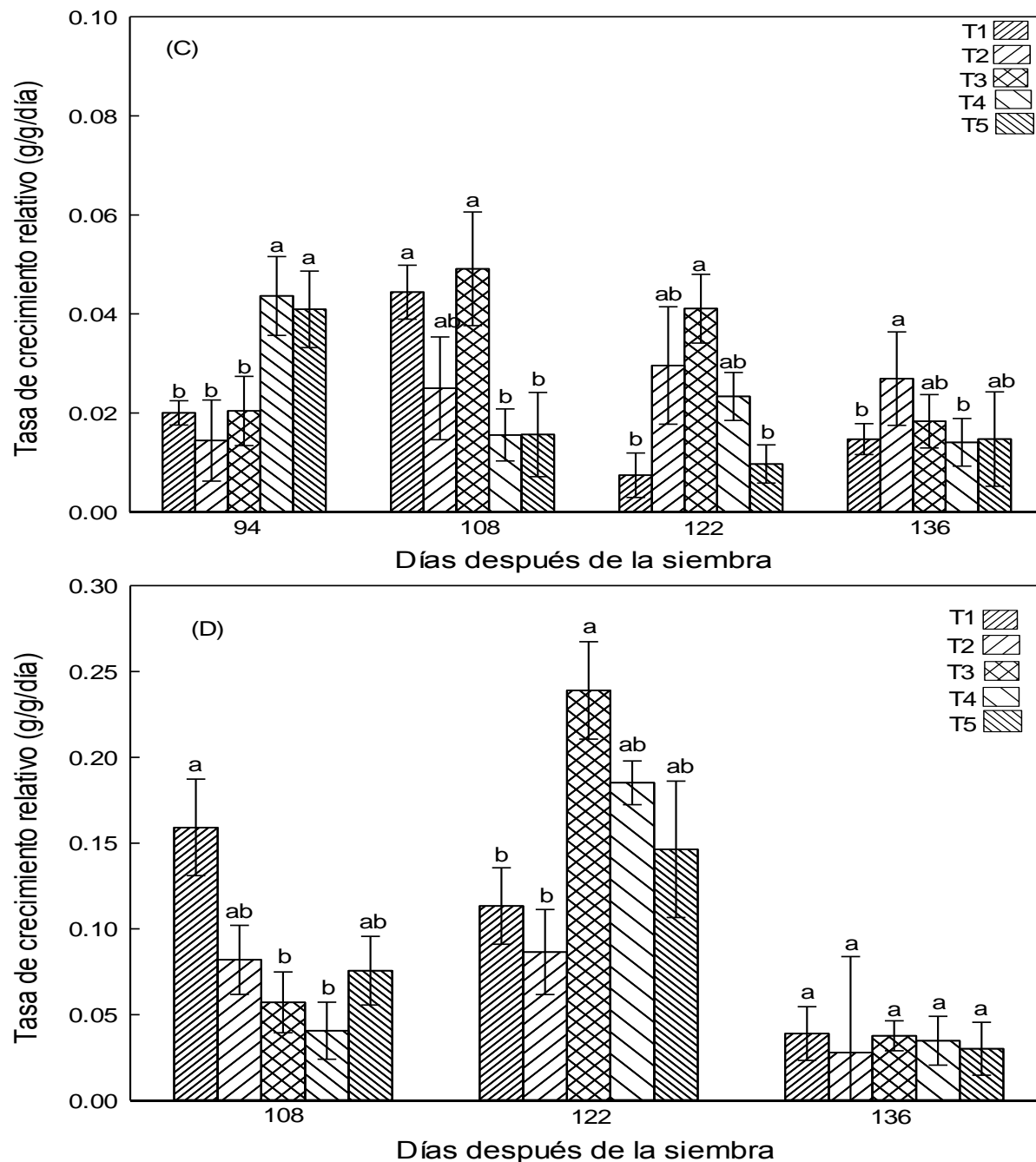


Figura 22. Tasa de crecimiento relativo (TCR) en (A) raíz, (B) tallo, (C) hoja y (D) flor de plantas de *Moluccella laevis* L. en cinco sustratos: Suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Las barras representan la media de 5 plantas \pm el error estándar. Medias de tratamientos con letras distintas dentro de muestreos son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

Todos los tratamientos incrementaron la TCR del tallo (Figura 22B) a partir del 94 a 108 d; sin embargo continuaron su desarrollo hasta los 122 d y a partir de los 136 d limitaron la formación de tejido nuevo; esto coincide con lo mencionado por Mora *et al.* (2006), quienes indican que este índice disminuye con el transcurso del tiempo, ya que la cantidad de células que se están diferenciando en tejidos y órganos es mayor con respecto a la cantidad de células meristemáticas.

El comportamiento de los resultados observados en esta investigación, muestra semejanza con lo encontrado por Azofeita y Moreira (2004), quienes indican que durante la ontogenia de la planta de chile jalapeño hay un periodo inicial en el que la TCR es mayor, luego es seguido por un periodo más o menos constante, para posteriormente disminuir. La primera fase se asocia al crecimiento vegetativo en el que la planta cuenta con meristemas en crecimiento activo y hojas en expansión. Después al comenzar el crecimiento de flores y frutos compiten con el crecimiento vegetativo, por lo que la planta reduce el potencial de producir tejido fotosintético nuevo y, la relación de tejido estructural no activo en el crecimiento, es mayor con respecto al tejido activo en crecimiento.

Al final del ciclo, la planta cuenta con biomasa estructural no activa en el crecimiento, con una proporción de células que no se dividen en relación con las que si lo hacen, además, debido a la senescencia de la planta, la TCR disminuye.

4.11 Distribución de materia seca

El rendimiento de un cultivo está dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos de interés y, un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos

órganos, garantiza un incremento del rendimiento. Así, la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta, tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo. En la fase de desarrollo hay una fuente y una demanda de flujo de fotosintatos entre ciertos órganos; desde el punto de vista metabólico, en la fuente se producen los asimilados por el proceso de fotosíntesis o por el catabolismo y la remoción de materiales almacenados, mientras que, la demanda utiliza dichos asimilados en procesos respiratorios de crecimiento (Wilson, 1972). De esta manera se tiene órganos que producen fotoasimilados y órganos que los consumen; es por eso que se determinó la distribución de fotosintatos mediante la acumulación relativa de materia seca en los diferentes órganos de la planta.

La distribución de materia seca entre los diferentes órganos de una planta, es el resultado final de un conjunto de procesos metabólicos y de transporte que gobiernan el flujo de asimilados a través de un sistema fuente-demanda (Peil y Gálvez, 2005). Las actividades involucradas en este proceso no son estáticas y, pueden cambiar diariamente a lo largo del periodo de desarrollo de la planta (Patrick, 1988). Los asimilados, producidos por la fotosíntesis en los órganos fuente (principalmente las hojas), pueden ser almacenados o transportados, vía floema, a los diferentes órganos de demanda. En la mayoría de las especies cultivadas, la sacarosa es el principal azúcar transportado (Daie, 1985).

El sustrato modificó significativamente la distribución de carbohidratos en la planta. En la Figura 23, se presentan las comparaciones entre tratamientos; se destaca que la mayor asignación es hacia las raíces, las hojas y los tallos.

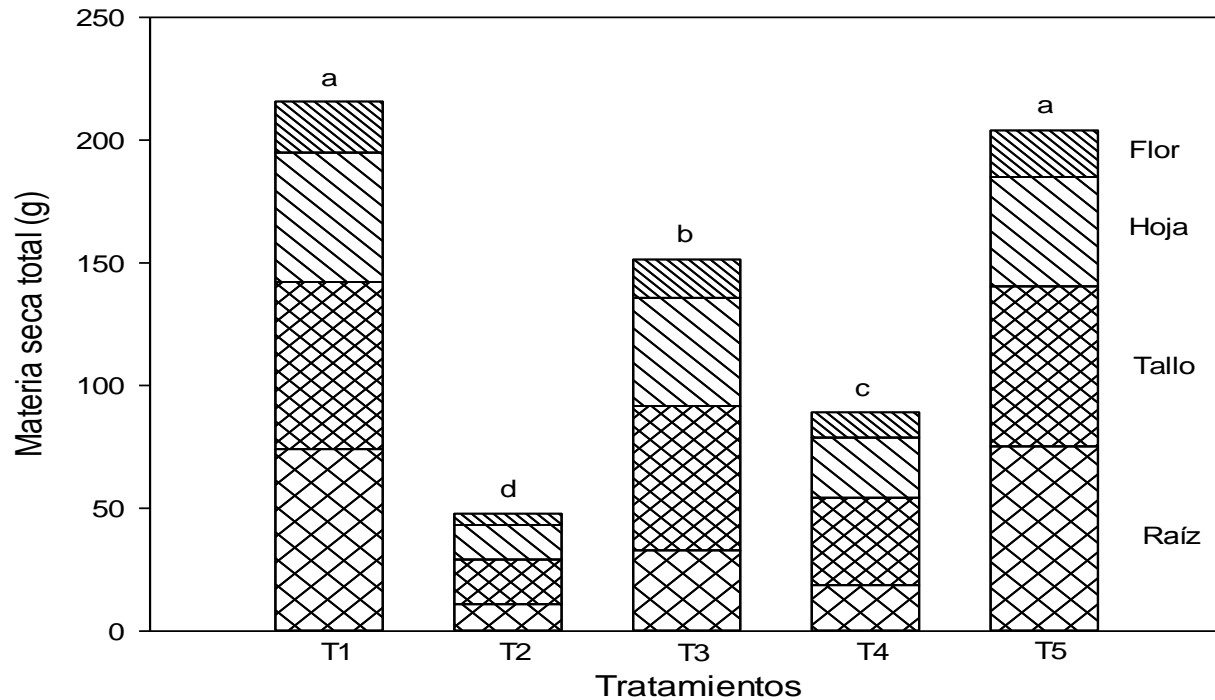


Figura 23. Acumulación total y distribución de fotosintatos en los órganos de plantas de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Medias de tratamientos de acumulación total de materia seca con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

Los valores más altos fueron alcanzados por el tratamiento T1, siendo la raíz el órgano con mayor acumulación de biomasa; el T5 siguió la misma tendencia que el T1, ya que ambos tratamientos tenían suelo como sustrato, en tanto que, para los tratamientos en donde se usó el tezontle, la piedra pómez y la mezcla, se observa un ligero aumento en la materia seca del tallo y hoja.

En todos los tratamientos, la flor (campana), es el órgano que acumuló menos biomasa seca, quizás porque la planta de *Moluccella* mayormente como follaje, destina los carbohidratos al crecimiento vegetativo. Los principales órganos de demanda de fotoasimilados son las hojas y los tallos, para el tratamiento T2, T3, y T4; mientras que en los tratamientos T1 y T5, la raíz es el órgano con mayor actividad de demanda de

fotoasimilados. En general, observamos que varios órganos demandantes tienen habilidades diferentes para captar asimilados, y así, la prioridad de un órgano en la recepción de asimilados, es el resultado de la competencia entre los órganos demandantes. Esta prioridad es mejor evaluada por la distribución proporcional de asimilados cuando el suministro de éstos es limitado, en cuyo caso la mayor proporción de asimilados será tomada por el demandante más fuerte, los demandantes débiles pueden o no recibir asimilados, dependiendo de su disponibilidad (Ho, 1984).

Los carbohidratos son derivados de la fotosíntesis; siendo la sacarosa y el almidón los más importantes para evaluar la calidad de la planta. La sacarosa por ejemplo, es la forma mediante la cual los carbohidratos son transportados a través de toda la planta y más del 95% son llevados a la biomasa seca. El almidón es la forma primaria de carbohidrato almacenado en la planta. Por consiguiente la raíz es el órgano que acumula mayor cantidad de carbohidratos, esto con la finalidad de mantener un metabolismo que permita a la planta desarrollar su respiración y su sobrevivencia, aunque tendría un crecimiento más lento (Castro-Diez 2002).

Para ver aspectos de calidad se sumaron los valores del tallo y la flor, porque el órgano de venta de campana irlandesa es el tallo floral; los resultados confirmaron que la mayor acumulación de carbohidratos es en el tallo floral, en todos los tratamientos (Figura 24).

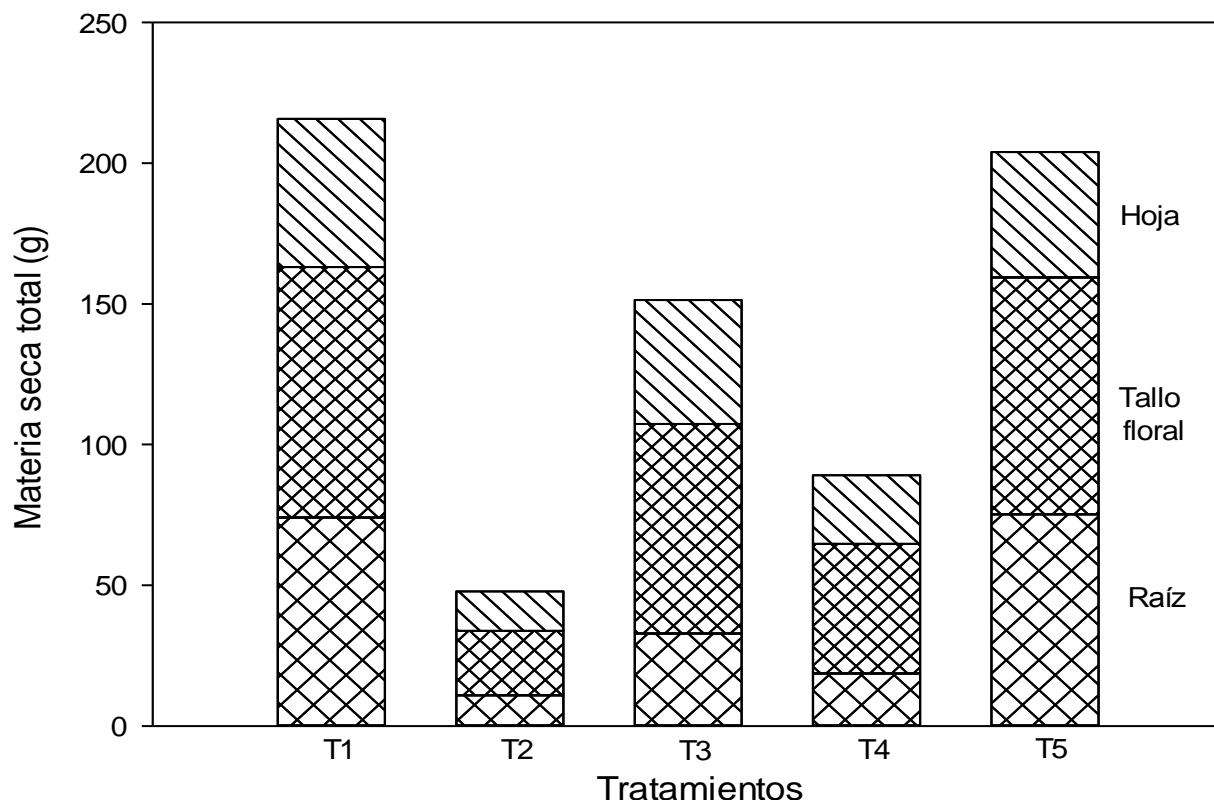


Figura 24. Distribución de fotosintatos en hojas, raíz y tallos florales de plantas de *Moluccella laevis* L. en cinco tratamientos: suelo con fertilización convencional, T1; mezcla de tierra de monte y piedra pómez (1:1) con fertirriego, T2; tezontle con fertirriego, T3; piedra pómez con fertirriego, T4 y suelo con fertirriego, T5. Medias de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

4.12 Relación de producción de materia seca de la parte aérea y la raíz

La suma de la materia seca de la campana (MSc), la materia seca del tallo (MSt) y la materia seca de las hojas (MSh), nos proporcionó la producción de materia seca de la parte aérea de la planta (MSa). La acumulación de la MSa (g), en promedio, tuvo un incremento muy pequeño desde el trasplante y hasta los 108 d, pero, a partir de los 122 d, los incrementos fueron notorios, como un reflejo de la formación y crecimiento de las flores, teniendo su máxima acumulación entre los 136 y 150 d. Al analizar la relación de producción de MSa/MSr promedio, se observó que el comportamiento fue similar para todos los tratamientos, presentando una fase de ascenso gradual con picos máximos, entre los 108 y los 150 d.

En la relación parte aérea/raíz, fue menor en los tratamientos T1 y T2 (2.40 y 2.48 respectivamente) en comparación con los otros tratamientos, sin embargo, al realizar la prueba de comparación de medias, no se presentaron diferencias significativas (Cuadro 3).

Considerando el vigor de la planta y el tamaño de la misma, se puede concluir que la raíz fue capaz de suministrar de manera adecuada los nutrientes y el agua requeridos por la planta. Los valores bajos de biomasa seca aérea, reflejan una menor área foliar y capacidad para almacenar carbohidratos (Prieto *et al.*, 1999). Los factores que propician el incremento de la actividad específica del sistema radical, tales como el aumento del potencial hídrico y una temperatura óptima para el funcionamiento de las raíces, reducen la proporción de MS hacia las raíces (Peil y Gálvez, 2005).

Cuadro 3. Relación de la parte aérea y raíz de plantas de *Moluccella laevis* L. con base en la materia seca.

Tratamiento	Materia seca (g)		Relación raíz/parte aérea
	parte aérea	raíz	
T1	2247.49	936.59	2.40
T2	473.63	149.75	3.16
T3	1627.18	432.52	3.76
T4	1069.89	287.81	3.72
T5	2099.59	845.4	2.48

T1, suelo con fertilización convencional; T2, mezcla (tierra de monte y piedra pómez 1:1); T3, tezontle con fertirriego; T4, piedra pómez con fertirriego y T5, suelo con fertirriego.

V. CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación mostraron que los sustratos afectaron el crecimiento, acumulación, distribución de biomasa y la calidad de las espigas florales.

De acuerdo con las variables de estudio indicaron que la campana irlandesa se desarrolló mejor en suelo con fertilización convencional, sin embargo el tezontle se mostró muy competitivo en todas las variables respuesta. Además de que tuvo el mejor desarrollo de las flores, obteniendo la mejor calidad en comparación con los demás sustratos.

Es por eso que el tezontle es una buena alternativa para producir *Moluccella laevis* L. bajo cubierta y con fertirriego; de acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación y considerando que su costo es menor comparado con la piedra pómez, además de que el suelo y la tierra de monte son recursos naturales que con el paso del tiempo se van deteriorando.

VI. LITERATURA CITADA

- Abad, M. Noguera, P. y Carrión, C. 2004. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: Fertirrigación cultivos hortícola y ornamentales. C. Cadahía (coord). 3ra ed. Mundi-Prensa. Esp. pp. 299-352.
- Abad, M. y Noguera, P. 1998. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. *En*: C. Cadahía. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. pp:287-342.
- Adams M., W. 1982. Plant architecture and yield breeding. *Lowa State Journal of Research*. 56(3):225-254.
- Anicua S., R. 2008. Caracterización física y micro morfológica de materiales orgánicos e inorgánicos para la generación de mezclas de sustratos en la producción de lisianthus (*Eustoma grandiflorum*). Tesis de doctor en ciencias. Especialidad en Edafología. Colegio de posgraduados. Montecillo, Estado de México.
- Anicua S. R., Gutiérrez C. M.C., Sánchez G. P., Ortiz S. C., Volke H. V. H. y Rubiños P. J. E. 2009. Tamaño de partícula y relación micro morfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. *Agricultura Técnica en México* 35(2): 147-156.
- Ansorena M., J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización Mundi Prensa, Madrid. ISBN 84-7114-481-6.
- Arias, A., S., E. 1998. Sustratos para la producción de plántulas de lechuga "Great Lakes 407. bajo invernadero. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex., México.
- ASERCA. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. 2006. La floricultura mexicana, el gigante que está despertando. *Revista Claridades Agropecuarias* 6:3-38.
- Azcón-Bieto, J. y Talón M. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Ed. McGraw Hill, Madrid, España.
- Azofeifa A. y Moreira M. A. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annum* L. cv. Hot), en Alajulela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28:57-67.
- Baixauli, S., C., y Aguilar J. M. O. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias. Ed. Generalitat Valenciana. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Valencia, España. 110 p.
- Bastida T., A. 1999. El medio de cultivo de las plantas. Sustratos para hidroponía y producción de planta ornamental. Serie de publicaciones Agribot No.4. UACH. Preparatoria Agrícola. Chapingo, México. 27 p.

- Bastida T., A. 2002. Sustratos Hidropónicos. Materiales para cultivo sin suelo. Serie de publicaciones AGRIBOT. UACH. Preparatoria Agrícola. Chapingo, México. 121 p.
- Beardsell, D., Nichols V. G. D. and Jones L. D. 1979. Physical properties of nursery potting-mixtures. *Scientia Horticulturae* 11:1-8.
- Beltrán P. 2014. Contexto global del sector florícola.
- Bosa, N., Calvete, E. O., Klein V. A. e Suzin, M., 2003. Crescimento de mudas de gipsofilia em diferentes substratos. *Horticultura Brasileira*. 21 (3): 514-519.
- Brady, N. C. and Weil, R. R. 1999. The nature and propertie of soil. Ed. Prentice Hall. New Jersey. United States of Americca. 881 p.
- Bullock, P., Federoff N., Jongerius A., Stoops G. and Tursina T. 1985. Handbook for soils thin section description. Wayne Research Publications, England. 152 pp.
- Bunt, A., C. 1998. Media and mixes for container-grown plats. Second edition. Unwin Hyman Ltd. London. 309 p.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas. Madrid, España. 341 p.
- Cabrera R., I. 1998. Propiedades, uso y manejo de cultivos para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo serie horticultura* 5(1):5-11.
- Cadahía, C. 2005. Fertirrigacion. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ª ed. Madrid: Ediciones Mundi-Presna. 681 pp.
- Castellanos J. Manual de producción de tomate. Celaya: Editorial Intagri, S.C., 2009. 459.
- Castro-Diez, P. 2002. Factores que limitan el crecimiento de la vegetación leñosa mediterránea. Respuestas de las plantas: de órgano a comunidad. Páginas 47-85 en: J. charco. ARBA-Ministerio de medio ambiente, Madrid, España.
- Chang, S. X. and Robison D.J. 2003. Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. *Forestry and Ecology Management* 181: 331-338.
- Corona N., E. y Chimal A. H. 2006. Plantas Mexicanas con potencial ornamental. Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco. México, D.F. 626p.
- Daie, J. 1985. Carbohydrate partitioning and metabolism in crops. *Horticultural Review*, 7:69-108.
- Abad B. M., Noguera P. M. y Carrión C. B. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In: M. Urrestarazu G. Tratado de cultivo sin suelo. 3ª Edición. Edit. Mundi-Prensa. Esp. pp. 113-141.*

- De Paepe P. 1991. Principles of petrology. International Training Center. Ghent Belgium.
- De Souza, E. R. B., Veloso N. R., Fernández C. I., Divino B. J. e Mozena L. W. 2000. Emergencia e crecimiento de plantas de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) em diferentes substratos. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 22(3):426-430
- Delfine, S. A., Alvino L. F., Centritto M. and Santarelli G. 2000. Effects of wáter stress on the yield and photosynthesis of field-grown sweet pepper (*Capsicum annuum* L). *Acta Horticulturae*. 537:223-229.
- Díaz, S., F., R. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coah., Méx. 44-68 pp.
- Dos Santos A. M. R., Timbó A. L. O., Carvalho A.C.P.P., Morais S. J. P., 2004. Avalicao de substratos e adubos organicos na aclimatizacao de plântulas de *Heliconia Psittacorum*. *Pesquia agropecuaria brasileira*. 39(10):1049-1051.
- Drees, R. L., Wilding P., Smeck N. E., and Senkayi A. L. 1989. Silica in soils: Quartz and disordered silica polymorphs. *In* j. B. Dixon and S. B. Weed (ed.) *Minerals in soil environments*. 2nd ed. S.S.S.A. Book Serv. No. 1 S. S.S.A., Madison, Wi. pp: 913-974.
- Espinosa F., A., Mejía JM. M., Colinas MT. L., Rodríguez MA. E., Urbanczyk AE. P. y Beltrán MA B. 2009. Catálogo nacional de especies y variedades comerciales de plantas y flores producidas en México y Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 350 pp.
- Esquivel T., S. 2001. Características y uso de los principales sustratos utilizados en los cultivos sin suelo. Tesis de Licenciatura. Ing. Agrónomo Especialista en Suelos. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 104 p.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. Tercera Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México. 252 p.
- García G., Cabrera R., Gavi R. y Volke V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisi* cultivadas en maceta. *Terra*. 19: 249-258.
- Georges-Louis L. C.B. 1857. Los tres reinos de la naturaleza o museo pintoresco de historia natural: Botánica. Editorial Imprenta de Gaspar y Roig. 337 p.
- GLOBALG.AP, normas internacionales sobre las buenas prácticas agrícolas, ganaderas y de acuicultura. Flores y plantas ornamentales. 2012. http://www.globalgap.org/export/sites/default/.content/.galleries/documents/121026-InfoKIT_FO_web_es.pdf Handreck, K. A., and N.D. Black. 1984. Growing media

- for ornamental plants and turf. Kensington, NS, Australia: New South Wales University Press. 401 p.
- Halina L., Hedva U., Rivka A. and Nathan S. 1988. Isolation of two blood type A and N specific isolectins from *Moluccella laevis* seeds. FEBS Letters. Vol. 233(1):191-195.
- Handreck, K. A. and Black N.D. 1984. Growing media for ornamental plants and turf. Kensington, NS, Australia: New South Wales University Press. 401 p.
- Hendriks, L. 2001. Cultural factors affecting post-harvest quality of potted plants. Acta Horticulturae, 543:87-96.
- Hernández J. 2014. Entrevista el 21 junio en el mercado de la flor. Tenancingo Estado de México. Correo electrónico: deltoro_09@hotmail.com.mx
- Ho, L., C. 1984. Partitioning of assimilates in fruiting tomato plants. Plant Growth Reg., 2:277-285.
- Info rural. 2012. La floricultura en México. Info rural. SIAP-SAGARPA. México. 6 p.
- Jaroslav S., K. 1990. Minerals. Praga: Ed. Jusaeta. pp 7-27.
- Kämpf, A., N., J. Takane R., P. T. Vital de Siqueira. 2006. Floricultura, Técnicas de preparo de substratos. LK editora. Brasilia.132 pp.
- Koike, S.T., Tjosvold S.A., Groenewald J.Z., Crous P.W. 2003. First Report of a Leaf Spot Disease of Bells-of-Ireland (*Moluccella laevis*) Caused by *Cercospora apii* in California. Plant Disease, vol. 87(2). 203 pp
- Lemaire, F. 1993. Emploi des matières organiques comme sustrat dans les cultures hort sol. PHM Revue Horticole 336:10-17.
- Mastalerz, J. 1977. The greenhouse environment. Chapter 6. growing media. John Wiley & Sons. New York, U.S.A.
- Miale, J. B. 1985. Laboratory medicine HEMATOLOGY. Editorial REVERTE, S. A. Encarnación, 86. Barcelona, España. Sexta edición. 543 p.
- Milks R., Fonteno C. W. and Larson A. R. 1989a. Hydrology of horticultural substrates: Imathematical models for moisture characteristics of horticultural containers media. Journal of the American Society for Horticultural Science 114:48-52.
- Milthorpe, F.L. y Moorby J. 1982. Introducción a la fisiología de los cultivos. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 259 p.
- Molzer, V. 1991. Plantas de jardín. Editorial Susaeta, S.A. tercera edición en español. Madrid España. 312 pp.

- Mora A., R., Ortiz J. C., Rivera A. P., Mendoza M.C. C., Colinas M. T. L. y Lozoya H. S. 2006. Índices de eficiencia de genotipos de papa establecidos en condiciones de secano. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12:85-94.
- Morales R. I., Quintanar A., Cabezas F., Pujadas A.J. 2010. CXL. 14 Moluccella. Ediciones Flora ibérica. Vol XXII. Madrid.
- Muratalla L., S. 2003. Paja de maíz como sustrato alternativo en la producción de plántulas de jitomate y plantas de frambuesa. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo, de México. 163 p.
- Nelson G., C. 1978. Physical properties of greenhouse container media. Ms. Thesis. Colorado State University. Fort Collins.
- Nobel, P., S. y Long, P., S.1988. Estructura del dosel e intercepción de luz. En: Técnicas en fotosíntesis y bio-productividad. J. Coombs; D. O. Hall; S. P. Long y J. M. O Scurlock (editores). Edit futura S.A Colegio de Postgraduados, México, pp. 34-41.
- Ortiz S., C. A. 1987. Agroclimatología cuantitativa con aplicación en la república Mexicana. 3ª edición. Depto. de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, edo. de México. 327 p.
- Pape, Th. and Lager, D. 1994. Manual for soil descriptions and classification. Department of Soil Science and geology. Wageningen Agricultural University. Wageningen, The Netherlands.
- Patrick, J., W. 1988. Assimilate partitioning in relation to crop productivity. *HortScience*, 23:33-40.
- Peil, R. M., y Gálvez J. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Revista Brasileira de Agrociencia* 11:05-11.
- Pinto, J. M., Botrel T. A., Machado E. C., and Feitosa Filho J.C. 2000. The effect of CO₂ applied through irrigation water on melon crop in protected cultivation. *Acta Horticulturae* 537:267-272.
- Prieto R., J.A., Vera G. C. y Merlín E. B. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico No. 12. Campo Experimental Valle de Guadiana. INIFAP. Durango. México. 23 p.
- Proexport, Colombia e Instituto Alexander von Humboldt. 2003. Estudio de Mercadeo, Mariposas en el Estado de California-Estados Unidos. Convenio específico No. 197.1/2003 Proexport Colombia-Instituto von Humboldt. Bogotá, Colombia, 106 p.
- Quiñones P., R. 1995. Influencia del sustrato y fertilización en el crecimiento de plántulas de *Pinus greggii* bajo condiciones de vivero. Tesis de licenciatura.

- División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulae: their use and abuse. *Crop Sci.* 7(3): 171-175.
- Raviv M., Wallach R. and Blom J. 2004. The effect of physical properties of soilless media on plant performance-a-review. *Acta de Horticultura* 644:251-259.
- Raviv M., Wallach R., Silber A., and Bar-Tal A. 2002. Substrates and their analysis. IN: *Hydroponic production of vegetable and ornamental*. D. Savvas and H. Passam (eds). Embryo publications. Athens, Greece. pp 25-101.
- Regalado, O., M del C. 2002. Valoración de características morfológicas y anatómicas de 10 cultivares de jitomate en hidroponía bajo invernadero. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 161 p.
- Reinikainen, O. 1993. Choice of growing media for pot plant. *Acta horticulturae* 342:357-360.
- Riga P., Laborda L., Juaristi B., Elorrieta J., y Ladislao A. 2005. Informe técnico final: proyecto de producción de hojas verdes para composiciones florales. 31 p.
- Röber, R. 2000. Gärtnerische Substrate: Möglichkeiten und grenzen ihrer herstellung und verwendung; beispiele aus forschung, industrie und anwendung. En: AN Kämpf, & MH Fermino (eds). *Substrates para plantas: a base da producao vegetal em recipients*. Porto Alegre: Genesis: 105-138.
- Rodríguez T., D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad autónoma Chapingo. Mundi Prensa México. 156 p.
- Saavedra M., Alcántara C., Perea F. 2011. XIII Congreso de la Sociedad Española de Malherbología, La Laguna. *Moluccella laevis*, nueva mala hierba de los cultivos en Andalucía. 71-74 pp.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2007. Sembrando soluciones.
- Salamanca-Bautista G., Zamora-Mendoza A., Aca-Ramírez J., Leszczyńska-Borys H. 2001. Especies ornamentales en las iglesias de Cholula durante las fiestas. *Horticultura Mexicana* 8(3): 389.
- SAS INSTITUTE INC., CARY, NC. 2002. Statistical Analysis System. For Windows 9.0. USA.
- Segura C., M., A. 2003. Escalas de observación en los estudios de génesis de suelos: Caso de los suelos de humedad residual. Tesis doctoral. Colegio de postgraduados. Montecillo, Edo. México. 120 p.

- SENASICA Servicio Nacional De Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2007. Departamento de certificación fitosanitaria. Circular 021.
- Sestak, Z.; Catsky, J., and P. G. Jarvis. 1971. Plant photosynthetic production. *In: methods of growth analysis*. Junk N.V. Publisher the Hague. p 343-384.
- SIAP-SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2012. Cierre de la producción agrícola por cultivo (Consultada en marzo de 2015).
- SIAP-SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2013. Panorama de ornamentos. Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero.
- Steiner, A. 1984. The universal nutrient solution. *Proc. 6th Int. Cong. on Soilless Culture*. ISOSC. Lunteren, Holanda. Pp. 633-649.
- Taboada-Rosas N., Gutierrez-Velazquez J. L., Pérez-Vázquez J., y Leszczyńska-Borys H. 2001. Flores y follajes usados en bouquets de boda y decoración de las iglesias en Puebla. *Horticultura Mexicana* 8(3): 331.
- Teneberg, S., Leonardsson I., Ångström J., Ehrlich-Rogozinski S., and Sharon Nathan. 1994. Characterization of the specificity of binding of Moluccella laevis lectin to glycosphingolipids. *Glycoconjugate Journal*. Vol.11(5), pp.418-423
- Terrés V. L., Artetxe A., Beunza A., Sáins de la Maza E. and Lezaun M.. 2001. Physical properties of the substrates. *Proc. 5th IS Protect. Cult. Mild Winter Clim* (eds) Fernández, Martínez & Castilla. *Acta de Hort.* 559: 663-668
- Torres de la Noval, W. 1984. Análisis de crecimiento de las plantas. *Reseña*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. San José de las Lajas, Cuba. 38 p.
- Torres L., R. 2014. La Floricultura mexicana: Gran industria en el anonimato. *Reseña*. Consejo mexicano de la flor.
- UNSD, Un data a world of information. United Nations Statistics Division. 2013. [Data.un.org/Search.aspx?q=cut+rose+flower&d=com Trade&](http://Data.un.org/Search.aspx?q=cut+rose+flower&d=com+Trade&) (consulta: 22/03/2015)
- Urrestarazu M. 2004. *Tratado de cultivo sin suelo*. 3ª ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 914 p.
- USDA, ARS, Programa Nacional de Recursos Genéticos. Red de Información de Recursos de Germoplasma - (GRIN) [base de datos en línea]. Laboratorio Nacional de Recursos de Germoplasma, Beltsville, Maryland. (Citado el 11 de septiembre de 2014). 1994. Disponible en internet URL: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/NPGS/html/taxon.pl?100521>

- Vargas-Tapia P., Castellanos-Ramos J. Z., Muñoz-Ramos J., Sánchez-García P., Tijerina-Chávez. L., López-Romero. R., Martínez-Sánchez. C., Ojo de agua-Arredondo J. 2008. Efecto del tamaño de partículas sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México* 34: 323-331.
- Vonk, N., C. 1995. How to obtain and maintain quality. *Acta Horticulturae* 405:123-131.
- Walkley, A and IA Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38.
- Wallach R., F. Da Silva F., and Y. Chen. 1992. Hydraulic characteristics of tuff (scoria) used as a container medium. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117(3):415-421.
- Wikipedia. 2014. *Moluccella laevis* (<http://www.coproa.com/3.html>) Consultado en junio de 2014
- Wikipedia. 2015. *Moluccella laevis* (<http://elmundoyusplantas.blogspot.mx/nombre-cientifico-o-latino-moluccella.html>) Consultado en junio de 2015
- Wilson, J., W. 1972. Control of crop processes. In: *Crop processes in controlled environments*. A. R. Rees (Ed.) Academic Press. New York, EUA, pp. 7-30.
- Yoshida, S., and Ahn S.B. 1968. The accumulation process of carbohydrates in rice varieties in relation to their response to nitrogen in the tropics. *Soil Sci. and Plant Nutrit.* 14(4):153-161.
- Zacaula-Quintero F. 2000. Diagnóstico de la comercialización de plantas de ornato en el mercado de plantas, flores y hortalizas de Cuemanco, Xochimilco, D.F. Tesis de Licenciatura Ing. Agrónomo Fitotecnista. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 104 p.
- Zarate S., J. 1995. Evaluación de cinco sustratos y dos cultivares de crisantemo para maceta bajo invernadero en la región de Texcoco, estado de México. Tesis profesional Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Mex., México.
- Zúñiga E., M., R., C. López R., R. J. Covarrubias M. 2004. Floricultura: una alternativa de producción para el sureste de Coahuila y centro de Nuevo León.

VII. APÉNDICE

Cuadro 1A. Resumen de análisis de varianza realizados por muestreo de las variables en estudio (indicadas en negritas a la derecha), en el experimento realizado con *Moluccella laevis* L.

Muestreo (M)	CME	R ²	CV	s	\bar{x}	Pr > f
--------------	-----	----------------	----	---	-----------	--------

Biomasa fresca de hojas

1 (28/12/13)	77.93436	0.959811	13.38548	8.828044	65.95240	<.0001
2 (02/01/14)	314.90173	0.841575	22.21716	17.74547	79.87280	<.0001
3 (19/01/14)	287.72927	0.918676	14.45090	16.96258	117.3808	<.0001
4 (04/02/14)	1152.62114	0.753068	22.33841	33.95027	151.9816	<.0001
5 (22/02/14)	2654.9118	0.737464	28.57974	51.52584	180.2880	<.0001

Biomasa fresca de tallos

1 (28/12/13)	24.28900	0.958086	16.62412	4.928387	29.64600	<.0001
2 (02/01/14)	213.92069	0.844598	25.12114	14.62603	58.22200	<.0001
3 (19/01/14)	175.33213	0.900650	13.77907	13.24130	96.09720	<.0001
4 (04/02/14)	1541.9045	0.737817	23.10280	39.26709	169.9668	<.0001
5 (22/02/14)	3760.1576	0.718930	27.98314	61.32012	219.1324	<.0001

Biomasa fresca de flores

1 (02/01/14)	31.503380	0.375718	106.5271	5.612787	5.268880	0.0428
2 (19/01/14)	213.665872	0.480262	72.60880	14.61731	20.13160	0.0083
3 (04/02/14)	2383.9630	0.625678	33.22652	48.82584	146.9484	0.0004
4 (22/02/14)	1764.2226	0.877965	18.23377	42.00265	230.3564	<.0001

Biomasa seca de raíz

1 (28/11/13)	0.01913600	0.173562	21.97156	0.138333	0.629600	0.4066
2 (13/12/13)	0.43068000	0.416126	37.92546	0.656262	1.730400	0.0238
3 (28/12/13)	15.6238860	0.637685	57.45212	3.952706	6.880000	0.0003
4 (02/01/14)	8.309972	0.894696	25.56040	2.882702	11.27800	<.0001
5 (19/01/14)	51.941992	0.695944	39.81724	7.207079	18.10040	<.0001
6 (04/02/14)	50.183462	0.819627	28.17383	7.084029	25.14400	<.0001
7 (22/02/14)	70.58433	0.929522	19.85201	8.401448	42.32040	<.0001

Biomasa seca de hojas

1 (28/12/13)	2.7925580	0.931284	16.95992	1.671095	9.853200	<.0001
2 (02/01/14)	10.506764	0.854738	25.45080	3.241414	12.73600	<.0001
3 (19/01/14)	36.298822	0.840487	26.82241	6.024850	22.46200	<.0001
4 (04/02/14)	40.597426	0.797124	22.66090	6.371611	28.11720	<.0001
5 (22/02/14)	78.905178	0.786925	26.04516	8.882859	34.10560	<.0001

Biomasa seca de tallos

1 (28/12/13)	2.0338680	0.840619	37.25542	1.426137	3.828000	<.0001
2 (02/01/14)	5.9576460	0.846203	32.40268	2.440829	7.532800	<.0001
3 (19/01/14)	31.988644	0.775541	29.87392	5.655850	18.93240	<.0001
4 (04/02/14)	44.058514	0.866347	18.57852	6.637659	35.72760	<.0001
5 (22/02/14)	90.19336	0.835212	19.43180	9.497018	48.87360	<.0001

Biomasa seca de flores

1 (02/01/14)	0.28808400	0.447506	68.84743	0.536735	0.779600	0.0145
2 (19/01/14)	10.2497540	0.507267	86.58383	3.201524	3.697600	0.0051
3 (04/02/14)	144.930348	0.601208	42.81067	12.03870	28.12080	0.0007
4 (22/02/14)	85.43576	0.854264	20.11794	9.243147	45.94480	<.0001

Biomasa total

1(22/02/14)	14.409933	0.886074	19.17873	3.796042	19.79298	<.0001
-------------	-----------	----------	----------	----------	----------	--------

Altura del tallo principal

1 (28/11/13)	1.08500000	0.726907	16.12435	1.041633	6.460000	<.0001
2 (13/12/13)	7.8200000	0.659081	25.10257	2.796426	11.14000	0.0002
3 (28/12/13)	15.970000	0.720746	13.84701	3.996248	28.86000	<.0001
4 (02/01/14)	35.600000	0.773152	13.42613	5.966574	44.44000	<.0001
5 (19/01/14)	37.030000	0.715171	10.13191	6.085228	60.06000	<.0001
6 (04/02/14)	72.560000	0.495452	9.732879	8.518216	87.52000	0.0064
7 (22/02/14)	51.400000	0.664221	7.336655	7.169379	97.72000	0.0001

Número de tallos laterales por planta

1 (28/11/13)	0.70000000	0.805556	38.03000	0.836660	2.200000	<.0001
2 (13/12/13)	0.34000000	0.883081	22.77716	0.583095	2.560000	<.0001
3 (28/12/13)	2.20000000	0.949657	9.888265	1.483240	15.000000	<.0001
4 (02/01/14)	10.68000000	0.712656	20.63148	3.268027	15.840000	<.0001
5 (19/01/14)	12.56000000	0.708531	19.77684	3.544009	17.920000	<.0001
6 (04/02/14)	79.720000	0.718403	25.65691	8.928606	34.800000	<.0001
7 (22/02/14)	93.820000	0.820406	23.85732	9.686072	40.600000	<.0001

Unidades SPAD de la hoja

1	12.0832536	0.242794	10.55647	3.476097	32.92860	0.0124
2	13.560200	0.391765	9.939049	3.682418	37.05000	0.0001
3	14.7060000	0.323030	10.09594	3.834840	37.98400	0.0013
4	16.4862000	0.212621	10.58588	4.060320	38.35600	0.2863

Unidades SPAD de la flor

1 (02/01/14)	3.5480000	0.855977	7.083384	1.883614	26.59200	<.0001
2 (19/01/14)	5.0188000	0.621648	8.628362	2.240268	25.96400	0.0004
3 (04/02/14)	17.2004000	0.181593	21.04392	4.147336	19.70800	0.3796
4 (22/02/14)	15.7458000	0.500341	18.15565	3.968098	21.85600	0.0058

Longitud de tallos laterales

1 (04/02/14)	138.04916	0.334086	17.99525	11.74943	65.29185	<.0001
2 (22/02/14)	156.61710	0.357826	16.85430	12.51468	74.25210	<.0001

Tasa de crecimiento relativo (TCR) de la raíz

1 (13/12/13)	0.388611	48.25573	0.029779	0.061711	0.00088680	0.0357
2 (28/12/13)	0.00089451	0.688493	38.94471	0.029908	0.076797	<.0001
3 (02/01/14)	0.00078458	0.295821	77.66483	0.028010	0.036066	0.1187
4 (19/01/14)	0.00050165	0.419797	62.13208	0.022397	0.036048	0.0225
5 (04/02/14)	0.00020328	0.087200	60.02404	0.014257	0.023753	0.7517
6 (22/02/14)	0.00037064	0.336297	66.25869	0.019252	0.029056	0.0724

Tasa de crecimiento relativo (TCR) del tallo

1 (02/01/14)	0.00123377	0.377102	58.97283	0.035125	0.059562	0.0420
2 (19/01/14)	0.00096677	0.422719	45.81804	0.031093	0.067862	0.0215
3 (04/02/14)	0.00036666	0.339426	44.16257	0.019148	0.043359	0.0695
4 (22/02/14)	0.00021177	0.376203	57.38738	0.014552	0.025358	0.0425

Número de campanas por nudo

1 (22/02/14)	1.1047368	0.370010	12.67870	1.051065	8.290000	<.0001
--------------	-----------	----------	----------	----------	----------	--------

Tasa de crecimiento relativo (TCR) de hojas

1 (02/01/14)	0.00024491	0.422703	56.10552	0.015650	0.027893	0.0215
2 (19/01/14)	0.00135973	0.217329	100.3177	0.036875	0.036758	0.2737
3 (04/02/14)	0.00024757	0.442507	70.77396	0.015734	0.022232	0.0157
4 (22/02/14)	0.00024163	0.107422	87.51182	0.015544	0.017763	0.6658

Tasa de crecimiento relativo (TCR) de flores

1 (19/01/14)	0.00218610	0.487222	56.36502	0.046756	0.082952	0.0074
2 (04/02/14)	0.00366055	0.496889	39.26187	0.060503	0.154100	0.0062
3 (22/02/14)	0.00387838	0.005778	183.3958	0.062277	0.033958	0.9982

Diámetro de la flor

1 (02/01/14)	0.02839744	0.187688	19.01636	0.168515	0.886160	0.3599
2 (19/01/14)	0.00739438	0.300411	8.116607	0.085991	1.059440	0.1124
3 (04/02/14)	0.00899070	0.460627	7.725216	0.094819	1.227400	0.0117
4 (22/02/14)	0.01023730	0.211509	7.276172	0.101180	1.390560	0.2894

Partición de carbohidratos

150 DDS	333.11233	0.512706	51.55197	18.25137	35.40382	0.0221
TOTAL	10.229714	0.883716	19.01733	3.198392	16.81830	<.0001

Relación parte aérea: raíz

1 (28/11/13)	6.8345263	0.424337	48.51241	2.614293	5.388916	0.0210
2 (13/12/13)	5.7956817	0.713536	48.49117	2.407422	4.964661	<.0001
3 (28/12/13)	0.62771662	0.301177	37.52630	0.792286	2.111281	0.1114
4 (02/01/14)	2.46665991	0.467281	63.47044	1.570560	2.474475	0.0104
5 (19/01/14)	0.34055252	0.058518	22.85526	0.583569	2.553324	0.8674
6 (04/02/14)	1.75391062	0.409471	33.30603	1.324353	3.976315	0.0263
7 (22/02/14)	0.71343698	0.725148	21.97089	0.844652	3.844414	<.0001
Total	6.325226	0.037534	69.54819	2.515000	3.616198	0.1622

Tasa de crecimiento relativo (TCR) total

ÓRGANO	CME	R ²	CV	s	\bar{x}	Pr > f
Hoja	0.00024175	0.127891	59.55751	0.015548	0.026106	0.7020
Raíz	0.00037064	0.336297	66.25869	0.019252	0.029056	2.53
Tallo	0.00071660	0.131332	54.59257	0.026769	0.049035	0.6905
Flor	0.00554840	0.00554840	82.45582	0.074488	0.090336	0.9465
Total	0.00169869	0.008615	83.85379	0.041215	0.049151	0.9512

M: Muestreo realizado; **CME:** Cuadrado medio del error; **R²:** Coeficiente de determinación; **CV:** Coeficiente de variación; **s:** Desviación estándar; **\bar{x} :** Media; **Pr > f;** Nivel de significancia del modelo.