



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

Producción de *Dahlia spp.* en maceta con biofertilizante

***Glomus mosseae* y fertilización química NPK**

CLAUDIA GARCÍA SÁNCHEZ

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 Claudia García Sánchez, Alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe 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. Alberto Enrique Becerril Román, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Producción de *Dahlia spp.* en maceta con biofertilizante *Glomus mosseae* y fertilización química NPK 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 30 de Junio de 2015.



Firma



Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: “**Producción de *Dahlia spp.* en maceta con biofertilizante *Glomus mosseae* y fertilización química NPK**” realizada por la alumna: **Claudia García Sánchez**, bajo la dirección del Consejo Particular abajo indicado, ha sido aprobada por él mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. A. ENRIQUE BECERRIL ROMÁN

ASESORA



DRA. OBDULIA BALTAZAR BERNAL

ASESORA



M.C. E. ARACELI GAYTÁN ACUÑA

ASESOR



M.C. DAVID JAÉN CONTRERAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Julio 2015

RESUMEN

El objetivo de investigación fue evaluar el efecto del biofertilizante *Glomus mosseae*, en el crecimiento y desarrollo de dalia variedad Fresco (*Dahlia x hybrida*) y dalia variedad Enana variada (*Dahlia variabilis*) en maceta. El experimento se estableció en un invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México en febrero del 2014. Se emplearon plantas de dalia variedad Enana variada (*Dahlia variabilis*) Hortaflor® y de dalia variedad Fresco (*Dahlia x hybrida*) Akiko®. El trasplante de ambas variedades se inició el 28 de marzo de 2014, para lo cual se utilizaron bolsas negras de polietileno de 35 x 35 cm, el sustrato empleado fue una mezcla de tierra negra, peat moss Premier® y agrolita (1:1:1 v/v). Los factores de variación fueron: (a) *Glomus mosseae*, (b) fertilización química y (c) Esterilización de sustrato; los niveles estudiados fueron: 0 y 10 g de inóculo de *G. mosseae*; 0 y 1 g de fertilizante químico (N, P, K); y, sustrato esterilizado y no esterilizado, con base en lo cual se establecieron ocho tratamientos; como inoculante se utilizaron 10 g de suelo que contenía 350 esporas del hongo micorrízico *Glomus mosseae*; para fertilización química se utilizó la fórmula 11-7-7 Scotts® de liberación continua. Se utilizó un diseño completamente al azar en arreglo factorial 2³. El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SAS, se aplicó ANOVA y la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Se evaluó la altura de la planta, diámetro del tallo, número de botones y flores, periodo de floración en días y grados día desarrollo, biomasa seca en hoja, tallo, flor, raíz y total, tasa de crecimiento relativo, tasa unitaria foliar, partición de carbohidratos, concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en hoja, tallo, flor, raíz y contenido total, porcentaje de colonización micorrízica en raíces y número de esporas presentes en el sustrato. Los resultados mostraron que la inoculación de *Glomus mosseae* incrementó la altura de las plantas, el diámetro de tallo, la tasa de crecimiento relativo, la acumulación de biomasa seca total, la distribución de materia seca a la flor y el número de botones y flores en ambas variedades de dalia.

Palabras clave: *Dahlia x hybrida* var. Fresco, *Dahlia variabilis* var. Enana variada, *Glomus mosseae* y fertilización química.

ABSTRACT

The research objective was to evaluate the effect of biofertilizer *Glomus mosseae* upon the growth and development of Fresco variety of dahlia (*Dahlia x hybrid*) and varied dwarf variety of Dahlia (*Dahlia variabilis*) in pots. The experiment was set in a greenhouse of the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, State of Mexico in February 2014. Dahlia plants of Varied dwarf variety (*Dahlia variabilis*) Hortaflo® and Fresco variety (*Dahlia x hybrid*) Akiko® were used. Transplantation began on March 28, 2014 to black polyethylene bags 35 x 35 cm, the substrate utilized was a mixture of black soil, peat moss and perlite® Premier (1:1:1 v/v). The variation factors were: (a) *Glomus mosseae*, (b) chemical fertilizer and (c) substrate sterilization; studied levels were 0 and 10 g of inoculum *G. mosseae*; 0 and 1 g of chemical fertilizer (N, P, K); and sterilized and non-sterilized substrate; eight treatments were established. As inoculum, 10 g of soil containing 350 spores of *Glomus mosseae* mycorrhizal fungi was used; the Scotts® slow release formula 11-7-7 was used as chemical fertilizer. It was used a completely randomized design arranged as a factorial 2³. ANOVA and Tukey's test with a confidence level of 95% was made using the Statistical Analysis System (SAS). The plant height; stem diameter; number of buds and flowers; flowering period in days and degree day development; dry biomass of leaf, stem, flower, root and whole plant; relative growth rate; leaf unit rate; relative dry matter weight distribution; concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in leaf, stem, flower, root and total content; and, percentage of mycorrhizal colonization in roots and number of spores present in the substrate were evaluated. The results showed that inoculation of *Glomus mosseae* increased the plant height, the stem diameter, the relative growth rate, the total of dry biomass accumulated, the dry matter distribution to flower, and the number of buds and flowers on both varieties of dahlia.

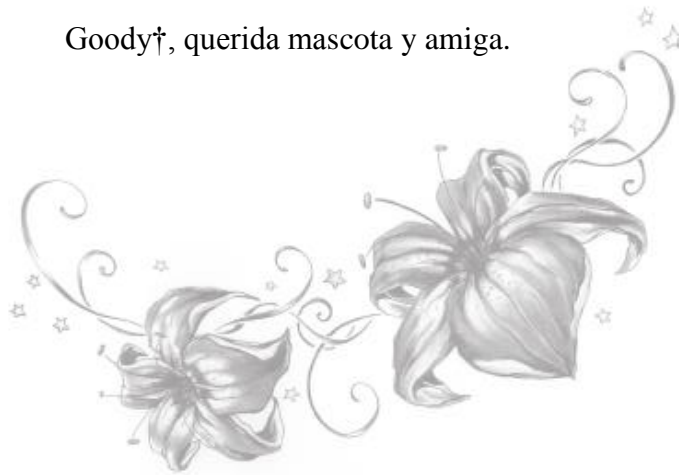
Keywords: *Dahlia x hybrid* var. Fresh, *Dahlia variabilis* var. Dwarf variety, *Glomus mosseae* and chemical fertilization.

DEDICATORIA

A la memoria de María de Jesús Sánchez Colín†, querida profesora.

Rodolfo Sánchez Zurita†, querido tío.

Goody†, querida mascota y amiga.



AGRADECIMIENTOS



A Dios y a la Virgen por darme fuerza en los momentos difíciles.

A mi familia y amigos, por su apoyo y compañía durante todo este tiempo.

A mis asesores y profesores del Colegio de Postgraduados Dr. A. Enrique Becerril Román, Dra. Obdulia Baltazar Bernal, M. C. E. Araceli Gaytán Acuña y al M. C. David Jaén Contreras, por los conocimientos que me brindaron.

A las emprendedoras de las dalias: Araceli C. de Flores Vázquez, R. Margarita Vázquez Mendoza, Martha Vázquez Mendoza y Martha Martínez Martínez, grupo dedicado al cultivo y aprovechamiento de las dalias orgánicas para consumo humano y como ornamentales.

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnologías (CONACyT), por el apoyo otorgado para realizar los estudios de Maestría en Ciencias en el Colegio de Postgraduados.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Capítulo I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	3
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis	3
Capítulo II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 La dalia	4
2.2 Origen, clasificación y distribución geográfica	4
2.3 Descripción botánica	5
2.4 Ciclo de vida	6
2.5 Cultivo y comercialización	6
2.6 Antecedentes de nutrición en dalia	6
2.7 Micorriza arbuscular	8
2.8 Beneficios de la simbiosis micorrízica	9
2.9 Tecnología para el uso de hongos micorrízicos arbusculares en la floricultura	10
2.10 Efecto de los hongos micorrízicos arbusculares en flores	11
2.10.1 Estudios en plantas micropropagadas	11
2.10.2 Estrés ambiental	11
2.10.3 Semillero	12
2.10.4 Enraizamiento de estacas	12
2.10.5 Control biológico	12
2.10.6 Crecimiento, floración y nutrición	12
Capítulo III MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 Ubicación	15
3.2 Material vegetal	16
3.3 Manejo del experimento	16
3.3.1 Germinación de Dalia variedad Enana variada	16
3.3.2 Trasplante	17
3.3.3 Producción de inoculante	17
3.3.4 Inoculación y fertilización química	17
3.3.5 Riego, sombreado y control de plagas	18
3.4 Diseño experimental	18
3.5 Tratamientos	18
3.6 Muestreos	19
3.7 Variables de estudio	19
3.7.1 Altura y diámetro de tallo	19
3.7.2 Número de botones, flores, periodo de floración y grados día desarrollo	19
3.7.3 Biomasa y partición de carbohidratos	19
3.7.4 Área foliar	20

3.7.5	Evaluación de crecimiento	20
3.7.6	Peso seco de la parte aérea, peso seco de raíz y número de tubérculos	20
3.8	Evaluación de las raíces micorrizadas	20
3.8.1	Técnica de clareo y tinción de raíces	21
3.8.2	Determinación del porcentaje de colonización micorrízica en raíces	21
3.8.3	Separación de esporas: Método de tamizado y decantación en húmedo	21
3.9	Evaluación de nutrientes	22
3.9.1	Determinación de nitrógeno	22
3.9.2	Determinación de fósforo	22
3.9.3	Determinación de potasio	23
3.10	Análisis estadístico	23
Capítulo IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1	Resultados de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>)	24
4.1.1	Fenología del desarrollo de las plantas de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>) bajo condiciones de invernadero	24
4.2	Efecto de la inoculación de <i>Glomus mosseae</i> , aplicación de la fertilización química y sustrato en el primer muestreo (término del crecimiento vegetativo e inicio de la floración).	26
4.2.1	Altura, diámetro de tallo y tasa de crecimiento relativo (TCR)	26
4.2.2	Biomasa	28
4.2.3	Partición de carbohidratos	29
4.3	Efecto de la inoculación de <i>Glomus mosseae</i> , aplicación de la fertilización química y sustrato en el segundo muestreo (floración plena)	30
4.3.1	Altura, diámetro de tallo, tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa unitaria foliar (TUF)	30
4.3.2	Biomasa	31
4.3.3	Partición de carbohidratos	32
4.3.4	Concentración de nutrientes: Nitrógeno, Fósforo y Potasio	33
4.3.5	Extracción de nutrientes por órganos	34
4.3.6	Extracción total de nutrientes	35
4.3.7	Periodo de floración, número de botones y flores y grados día desarrollo (GDD)	36
4.3.8	Porcentaje de colonización micorrízica total y número de esporas	38
4.4	Efecto de la inoculación de <i>Glomus mosseae</i> , aplicación de la fertilización química y sustrato en el tercer muestreo (senescencia de la planta)	39
4.5	Resultados de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>)	40
4.5.1	Fenología del desarrollo de las plantas de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>) bajo condiciones de invernadero.	40
4.6	Efecto de la inoculación de <i>Glomus mosseae</i> , aplicación de la fertilización química y sustrato en el primer muestreo (término del crecimiento vegetativo e inicio de la floración).	42
4.6.1	Altura, diámetro de tallo y tasa de crecimiento relativo (TCR)	42
4.6.2	Biomasa	44
4.6.3	Partición de carbohidratos	45

4.7	Efecto de la inoculación de <i>Glomus mosseae</i> , aplicación de la fertilización química y sustrato en el segundo muestreo (floración plena)	46
4.7.1	Altura, diámetro de tallo, tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa unitaria foliar (TUF)	46
4.7.2	Biomasa	47
4.7.3	Partición de carbohidratos	48
4.7.4	Concentración de nutrientes: Nitrógeno, Fósforo y Potasio	49
4.7.5	Extracción de nutrientes por órgano	51
4.7.6	Extracción total de nutrientes	52
4.7.7	Periodo de floración, número de botones y flores y grados día desarrollo (GDD)	52
4.7.8	Porcentaje de colonización micorrízica total y número de esporas	54
4.8	Efecto de la inoculación de <i>Glomus mosseae</i> , aplicación de la fertilización química y sustrato en el tercer muestreo (senescencia de la planta)	56
Capítulo V	CONCLUSIONES	58
	LITERATURA CITADA	60
	APÉNDICE	66

ÍNDICE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1	Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en la altura, diámetro del tallo y tasa de crecimiento relativo (TCR) de plantas de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>) al término del crecimiento. 27
Cuadro 2	Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en el peso seco de hoja, tallo, raíz y total de plantas de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>) al término del crecimiento. 28
Cuadro 3	Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en la distribución de materia seca de hoja, tallo y raíz de plantas de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>) al término del crecimiento. 29
Cuadro 4	Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en la altura, diámetro del tallo, tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa unitaria foliar (TUF) de plantas de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>) en plena floración. 31
Cuadro 5	Efecto de la micorriza, fertilización química y sustrato en el peso seco de hoja, tallo, flor, raíz y total de plantas de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>) en plena floración. 32
Cuadro 6	Efecto de la micorriza, fertilización química y sustrato en la distribución relativa de materia seca de hoja, tallo, flor y raíz de plantas de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>) en plena floración. 33
Cuadro 7	Efecto de la micorriza, sustrato y sus interacciones en la concentración de N, P y K en hoja, tallo, flor y raíz de plantas de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>) en plena floración. 34
Cuadro 8	Efecto de la micorriza, fertilización química y sustrato en la extracción de nutrientes en hoja, tallo, flor y raíz de plantas de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>) en plena floración. 35
Cuadro 9	Efecto de la micorriza en la extracción total de nutrientes en plantas de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>) en plena floración 36
Cuadro 10	Efecto de la micorriza, fertilización química y sus interacciones en el número de botones y de flores, así como en los periodos de floración evaluados en días y en los periodos de crecimiento, floración y senescencia medidos en grados día desarrollo en plantas de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>). 37
Cuadro 11	Efecto de la interacción de micorrízica, fertilización química, sustrato en el porcentaje de colonización micorrízica y número de esporas en plantas de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>) en plena floración. 38
Cuadro 12	Efecto de la micorriza, en plantas de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>) al término de senescencia de la planta. 40
Cuadro 13	Efecto de la micorriza, fertilización química y sus interacciones en la altura, diámetro del tallo y tasa de crecimiento relativo (TCR) de plantas de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>), al término del crecimiento. 43
Cuadro 14	Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en el peso seco de hoja, tallo, raíz y total de plantas de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>) al término del crecimiento. 44
Cuadro 15	Efecto de la micorriza en la distribución de materia seca en los diferentes órganos de las plantas de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>) al término del crecimiento. 45

Cuadro 16	Efecto de la micorriza, fertilización química y sus interacciones en la altura, diámetro del tallo, tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa unitaria foliar (TUF) de plantas de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>), en plena floración.	47
Cuadro 17	Efecto de la micorriza, fertilización química y sus interacciones en el peso seco de hoja, tallo, flor, raíz y total de plantas de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>) en plena floración.	48
Cuadro 18	Efecto de la micorriza en la distribución relativa de materia seca de hoja, tallo, flor y raíz de plantas de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>) en plena floración.	49
Cuadro 19	Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en la concentración de N, P y K en hoja, tallo, flor y raíz de plantas de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>) en plena floración.	50
Cuadro 20	Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en la extracción de nutrientes en hoja, tallo, flor y raíz de plantas de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>) en plena floración.	51
Cuadro 21	Efecto de la micorriza en la extracción total de nutrientes en plantas de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>) en plena floración.	52
Cuadro 22	Efecto de la micorriza, fertilización química y sus interacciones en el número de botones y número de flores, así como en los periodos de floración evaluados en días y en los periodos de crecimiento, floración y senescencia medidos en grados día desarrollo (GDD) en plantas de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>).	53
Cuadro 23	Efecto de la interacción de micorrízica, fertilización química y sustrato en el porcentaje de colonización micorrízica y número de esporas en plantas de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>) en plena floración.	55
Cuadro 24	Efecto de la micorrízica, fertilización química y sus interacciones en plantas de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>) al término de senescencia de la planta.	56

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1	Registro de las temperaturas (°C) de marzo a septiembre 2014.	15
Figura 2	Porcentaje de humedad relativa de marzo a septiembre 2014.	16
Figura 3	Gama de colores y formas de flores de dalia var. Fresco (<i>Dahlia x hybrida</i>).	25
Figura 4	Ciclo de vida de <i>Dahlia x hybrida</i> var. Fresco.	26
Figura 5	Estructuras del hongo micorrízico <i>G. mosseae</i> .	39
Figura 6	Gama de colores y formas de flores de dalia var. Enana variada (<i>Dahlia variabilis</i>)	41
Figura 7	Ciclo de vida de <i>Dahlia variabilis</i> var. Enana variada.	42
Figura 8	Estructuras del hongo micorrízico <i>G. mosseae</i>	55

ÍNDICE APÉNDICE

Cuadro 1A	Resultados del procedimiento GLM	66
-----------	----------------------------------	----

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La floricultura desempeña un papel importante en la economía de México con una superficie de 21,129 hectáreas dedicada al cultivo de flores de corte y de maceta donde se producen cerca de 83,000 toneladas de flores, entre las que destacan rosas, gladiolas, claveles y crisantemos (Ochoa y Ortega, 2006).

La floricultura mexicana ha sido catalogada como un sector con bajos niveles de productividad y calidad, salvo algunas excepciones (Ochoa y Ortega, 2006). En México, las limitantes en la producción de flores son la escasez de agua, plagas (Orozco y Mendoza, 2003), enfermedades (Trejo-Téllez *et al.*, 2013), dudosa calidad del material vegetal, poca innovación, infraestructura obsoleta, falta de capital, encarecimiento de los fertilizantes y no se usa tecnología microbiana micorrízica (Ochoa y Ortega, 2006; Cornejo-Miranda *et al.*, 2013).

Las actividades se realizan de forma tradicional o empírica sin conocer las necesidades reales de los cultivos, el uso inadecuado de bromuro de metilo, herbicidas, plaguicidas y fertilizantes químicos, causando contaminación y degradación del suelo, agua y aire (Gomora *et al.*, 2005).

Entre las localidades que se dedican a la producción florícola se encuentra: a) Santa Catarina del Monte en la sierra de Texcoco, donde una parte importante de sus habitantes se dedica a la producción y venta de flores de corte, especialmente crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) (Cornejo-Miranda *et al.*, 2013); b) el municipio La Perla, Veracruz, localidad con mayor superficie cultivada y quizá en todo México de alcatraz (*Zantedeschia aethiopica*) (Trejo-Téllez *et al.*, 2013); y, c) el municipio de Villa Guerrero, Estado de México, que es el principal productor de ornamentales con el 50% de la producción nacional de flores (Carrera, 2006).

En el parque ecológico de Xóchitla, Estado de México, en Cuernavaca, Morelos y Huehuetoca, Estado de México, se dedican a la conservación de dalias nativas, producción de plántulas de dalia enana y comercialización de tubérculos respectivamente, siendo las dalias enanas las de mayor demanda en el mercado (Vidalie, 2001).

Pese a que México es el centro de origen y diversificación del género *Dahlia* y que en 1963 se declaró símbolo de la Floricultura Nacional, es poco lo que se conoce sobre su cultivo (Mejía y Espinosa, 2003) y solo existen tres publicaciones de difusión sobre la dalia: 1) Historia de la dalia

(Acocoxóchitl): La flor nacional de México, 2) Propagación de dalias en México y 3) Diversidad de dalias cultivadas (Treviño, *et al.*, 2007; Mejía, *et al.*, 2007; Mera, *et al.*, 2008).

A nivel mundial ha sido ampliamente estudiada en las áreas de mejoramiento genético y en el manejo de su cultivo. Caso específico, en cuanto a nutrición en *Dahlia variabilis*, *Dahlia coccinea* cv. Decorativa y *Dahlia variabilis* cv. Redskin, han estudiado el efecto de la urea, DAP® (P₂O₅) y FYM (estiércol de corral); el equilibrio entre diferentes dosis de (N-P-K), de macronutrientes (Foliber® N-P-K) y micronutrientes (Unipower® B-Zn-Fe) en el crecimiento y floración. Obteniendo una mayor altura, número de ramas, número de hojas, floración temprana, número de flores y tamaño de flor, debido a la adición de nitrógeno, fósforo y potasio y a los micronutrientes que estaban disponibles, en comparación con el testigo sin ninguna fertilización (Ahmed *et al.*, 2004; Younis *et al.*, 2006; Younis *et al.*, 2014).

Por otro lado, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), han sido utilizados en diversos aspectos de la producción de especies ornamentales. En gladiola (*Gladiolus grandiflorus*), se redujo la pudrición ocasionada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli* (Khalil *et al.*, 2001). En Queen Fabiola (*Brodiaea laxa*) se mejoró la producción de cormo y contenido de minerales (Scagel, 2004b). En geranio (*Pelargonium peltatum*), se aumentó el número de brotes y flores, así como la concentración de nutrientes (Perner *et al.*, 2007). En lisianthus (*Eustoma grandiflorum*), se observó un incremento en el crecimiento y producción de flores (Meir *et al.*, 2010).

Los estudios en *Petunia hybrida*, *Tagetes erecta* y *Crisantemo morifolium*, mostraron efectos generalmente positivos con la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares sobre el crecimiento y rendimiento (Sohn *et al.*, 2003; Linderman y Davis, 2004; Gaur y Adholeya, 2005). En general, en las investigaciones donde se ha implementado la tecnología micorrízica, se favorece el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales, obteniendo plantas de calidad, sin causar un efecto negativo al medio ambiente.

Así, en consonancia con las tendencias actuales, las flores producidas de manera ambientalmente limpia, tienen cada vez mayor demanda en los mercados externo e interno, lo cual impulsa la necesidad de producir con criterios de respeto al medio ambiente. Para ello, se deben propiciar técnicas alternativas en la floricultura con enfoques de sustentabilidad y calidad ambiental (Gomora *et al.*, 2005), como es el caso de la implementación de biofertilizantes, mediante la utilización de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) (Koltai, 2010).

No obstante que México es lugar de origen de la dalia, a nivel internacional es, aparentemente, más conocida y apreciada por la gran variedad de formas y colores así como a su largo periodo e intensidad de floración. Lo anterior se repite en cuanto a trabajo científico sobre la dalia, en México es muy reducido en comparación con lo que se ha realizado a nivel internacional, sin embargo, no se encontró trabajo de investigación alguno realizado sobre fertilización orgánica con hongos micorrízicos arbusculares, por ello se plantearon los siguientes objetivos de investigación:

1.1 Objetivo general

- ♡ Evaluar el efecto del biofertilizante (*Glomus mosseae*) en el crecimiento y desarrollo de dalia variedad Enana variada (*Dahlia variabilis*) y dalia variedad Fresco (*Dahlia x hybrida*) en maceta.

1.2 Objetivos específicos

- ♡ Evaluar el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas.
- ♡ Evaluar la extracción nutrimental de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) en hoja, tallo, flor y raíz de las plantas de dalia.
- ♡ Determinar el porcentaje de colonización micorrízica en las raíces de las plantas de dalia.
- ♡ Contabilizar el número de esporas producidas por *Glomus mosseae* presentes en el sustrato de crecimiento de las plantas de dalia.
- ♡ Comparar el desarrollo de las dalias con micorriza con el observado en dalias fertilizadas mineralmente.

1.3 Hipótesis

- ♡ El biofertilizante *Glomus mosseae* mejorará positivamente el desarrollo de dalia, al estimular una mayor nutrición mineral.

CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La Dalia

La belleza de las flores de dalia, cautiva por su diversidad de formas y colores. El cultivo de esta flor se remonta a la época del Imperio Azteca, donde se iniciaron los procesos de domesticación, modificando la inflorescencia sencilla por intermedias o dobles. Posteriormente, fue llevada al continente europeo y, a partir de 1818, se realizaron trabajos de mejoramiento genético que permitieron gran variación en tamaños, formas y colores.

De todas las especies de dalia, cuatro son las cultivadas comercialmente: *D. coccinea*, *D. sorensenii*, *D. merckii* y *D. imperialis*. La dalia más conocida es *D. pinnata*, la cual se cree es un híbrido entre *D. coccinea* y *D. sorensenii* producido probablemente en México hace más de 500 años (Treviño *et al.*, 2007).

En México se encuentra la diversidad biológica del género *Dahlia* y en 1963 se declaró símbolo de la Floricultura Nacional. Se estableció el cuatro de agosto como “Día nacional de la dalia”. Actualmente existen 41 asociaciones internacionales de la dalia interesadas en su cultivo y difusión, tales como: La Asociación Mexicana de la Dalia, La sociedad Nacional de la Dalia en el Reino Unido, La sociedad Americana de la Dalia, así como asociaciones en los países de Alemania, Australia, Francia, Nueva Zelanda entre otras (Mera *et al.*, 2008).

2.2 Origen, clasificación y distribución geográfica

Las dalias pertenecen al género *Dahlia*, familia Asteraceae (Compositae) Tribu Heliantheae. De origen Mesoamericano con 36 especies, de las cuales, 33 son endémicas de México. Las especies se agrupan en secciones de acuerdo con la forma de crecimiento (herbáceo, arbustivo y trepador) y a la forma de la hoja (pinnada o bipinnada). En la sección *Dahlia* se encuentran las plantas herbáceas, con 24 especies; seguida por la sección *Entemophyllon* con plantas herbáceas o subarbustivas con siete especies; las dalias arbustivas se encuentran agrupadas en la sección *Pseudodendron* con cuatro especies; y, solo una especie de dalia trepadora en la sección *Epiphytum* (Treviño *et al.*, 2007).

Con respecto a la variación hortícola, se clasifican por el uso al que son destinadas, flor de corte, planta de maceta o de jardín. Por el color de sus capítulos, pueden ser de una tonalidad, bicolors o mezclas. Por el tamaño del capítulo, desde las flores miniaturas <10 cm de diámetro, hasta las flores gigantes >25 cm de diámetro. Y por las características morfológicas del capítulo (Mera *et al.*, 2008).

Las dalias silvestres se localizan entre los 500 y 3,500 msnm, en bosques de pino/encino en las principales cadenas montañosas, así como en los márgenes de bosques secos y en zonas de desierto de México. Algunas especies son endémicas; mientras que otras presentan un amplio rango de distribución, *Dahlia coccinea* se extiende desde Chihuahua hasta Guatemala y *D. imperialis* se encuentra desde Chiapas hasta Colombia. La mayoría de las especies (27), se localizan en el centro de México (Mera *et al.*, 2008).

2.3 Descripción botánica

La mayoría de las dalias son plantas herbáceas o arbustivas, a veces epifitas o trepadoras. Las herbáceas son anuales, su follaje desaparece en el invierno y de sus raíces tuberosas brotan nuevas plantas en la siguiente estación. Sus tallos son glabros o pubescentes huecos en los entrenudos (de ahí su nombre en Náhuatl "acocoxóchitl": acoco hueco, xóchitl flor; flor de tallo hueco) o compactos con nudos comúnmente septados.

Las hojas son opuestas, simples a tripinnadas-compuestas; unas veces enteras, otras dentadas, generalmente de color verde oscuro, son sésiles o pecioladas. Las flores dispuestas en capítulo, conformado por dos tipos de flores: a) flores liguladas ubicadas al exterior cuya apariencia es similar a la de un pétalo (de diversos colores excepto azul y verde); y, b) tubulares o flores de disco de color amarillo o morado que semejan un escudo; ambas están dispuestas sobre una base común llamada receptáculo. Su fruto seco de una sola semilla e indehiscente, llamado aquenio, generalmente de forma oblanceolada (Mejía y Espinosa, 2003). Las raíces son tuberiformes que se unen a un cuello o corona (Vidalie, 2001).

Las formas cultivadas se clasifican de acuerdo con los caracteres morfológicos de la inflorescencia, que ha sido modificada por el mejoramiento genético: 1) Sencilla o doble; 2) Número de flores líguladas, tubulares e intermedias; 3) Curvatura de la lígula; 4) Forma del ápice de la lígula; y, 5) Diámetro de la cabezuela (Treviño *et al.*, 2007).

2.4 Ciclo de vida

La plantación de dalia se realiza entre invierno (diciembre, enero y febrero) y primavera (marzo, abril y mayo); de marzo a mayo si se van a utilizar tubérculos; para los esquejes el tiempo más apropiado es en marzo y abril; y, cuando se utilizan semillas, la siembra es en febrero y marzo. El crecimiento vegetativo se observa en primavera y verano (marzo a julio), aunque varía dependiendo de la fecha de siembra, según sea el método de propagación. La formación de botones florales se da bajo condiciones de días cortos; la temporada de máxima producción y calidad de flor se logra en fotoperiodos largos, con días cálidos y noches frescas característicos del verano (junio, julio y agosto) (Mejía *et al.*, 2007). Su ciclo de vida termina en otoño (septiembre, octubre y noviembre) cuando llegan las primeras heladas y los tubérculos entran en letargo, estado en el que permanecen hasta que el periodo de bajas temperaturas termina.

En *Dahlia campanulata* Saar., transcurren 165 días desde la brotación de la plántula en marzo (primavera), a la floración en agosto (verano), completando su ciclo de vida en nueve meses (Garzón *et al.*, 2009). La propagación de la dalia es posible por los tres métodos: sexual, por medio de semillas; asexual, por medio de esquejes, raíces tuberosas y estacas; y, por cultivo de tejidos *in vitro* (Mejía *et al.*, 2007).

2.5 Cultivo y comercialización

El cultivo de la dalia no ocupa un lugar predominante en la floricultura nacional. En el mercado nacional las dalias para jardín proceden de Holanda y las dalias enanas para maceta de los Estados Unidos de América. A nivel internacional, Holanda, Japón, Francia, Inglaterra, Italia, Sudáfrica, Estados Unidos y Alemania producen dalia, pero no reportan la superficie cultivada (Vidalie, 2001).

Existen festividades nacionales que utilizan dalias. En Tlaxcala las calles son cubiertas con pétalos de flores, entre ellas lígulas de dalia. Además, cada año se realiza un concurso en los viveros de Coyoacán para premiar la mejor exposición de plantas de dalia de diferentes especies y cultivares.

2.6 Antecedentes de nutrición en dalia

Los trabajos de investigación realizados en México se han enfocado al mejoramiento genético, selección y muy poco a la producción. Específicamente, en nutrición, los estudios,

mayoritariamente se han hecho en el extranjero, Bhattachrjee y Mukherjee, (1983) estudiaron en *Dahlia* cv. Blackout los requerimientos nutrimentales necesarios para su crecimiento, N (20-40 kg/ha) y P₂O₅ (30-50 kg/ha). También se ha evaluado la composición mineral en *Dahlia variabilis* Willd cv. Powder Puff, los resultados fueron N (1.736%), P (0.512%) y K (3.752%); al incrementar la concentración de nitrógeno disminuyó el fósforo y potasio (Singh y Gupta, 1995; 1996).

Ahmed *et al.*, (2004) en *Dahlia variabilis* experimentaron con diferentes concentraciones de urea, DAP® (P₂O₅) y FYM (estiércol de corral) en el crecimiento y floración. Los mejores resultados en altura, número de ramas, número de hojas, floración temprana, número de flores y tamaño de flor, se obtuvieron con la combinación de los fertilizantes urea (20 g m⁻²), DAP (40 g m⁻²) y FYM (4 kg m⁻²).

Debe haber un equilibrio a favor del nitrógeno y fósforo para un buen crecimiento vegetativo (6.5:6.5:0), en tanto que para el crecimiento reproductivo se debe aplicar una dosis más alta de potasio (6.5:4.8:6.5), lo que se traduce en una mayor altura, número de ramas, hojas y flores por planta y un menor tiempo para iniciar la floración en *Dahlia coccinea* cv. Decorativa (Younis *et al.*, 2006).

En todo caso, se requiere de cierto nivel de fertilidad para lograr el mejor desarrollo en dalia, Acosta-Durán *et al.*, (2007) evaluaron el efecto de varios sustratos para el crecimiento inicial en plantas de dalia, el sustrato con tierra de hoja, fibra de coco y aserrín fue el mejor para el desarrollo ya que se obtuvo mayor altura y número de hojas. En *Dahlia pinnata*, con la combinación de arena, limo y tierra vegetal se obtuvo el mejor rendimiento en altura, diámetro de tallo, número de ramas, flores y pétalos por planta, menos días para el inicio de floración y mayor vida de florero. El crecimiento de las plantas fue mínimo cuando limo y arena estaban solos como medio de crecimiento, ya que eran deficientes en nutrientes (Kiran *et al.*, 2007).

Younis *et al.*, (2007) probaron el efecto de los desechos orgánicos municipales en *D. coccinea* cv. Mignon y se obtuvieron resultados favorables, ya que se incrementó la altura, número de brotes, número de tubérculos, diámetro de las flores y disminuyó el tiempo para la apertura floral. Se obtuvo una correlación positiva entre el número de flores y el contenido de fósforo en el suelo; se produjeron más flores, pues los residuos orgánicos tienen una alta concentración de fósforo. Con fibra de coco, arroz y limo se encontraron los mejores resultados, ya que contienen los nutrientes

necesarios para el crecimiento vegetal, en tanto que, los lodos depurados, con su pH más alto, produjeron los resultados más bajos de crecimiento.

Tariq *et al.*, (2012) aplicaron residuos agrícolas y municipales como medio de cultivo de *Dahlia hortensis* var. Figaro. La fibra de coco y cáscara de arroz incrementaron la altura, número de brotes laterales, número de tubérculos y diámetro de las flores.

También en *Dahlia pinnata* valoraron el efecto del riego con agua potable vs. riego con aguas residuales sobre la actividad microbiana del suelo y el ciclo de vida de la especie. El riego con aguas residuales tratadas, no alteró la microbiota del suelo y tampoco el ciclo de vida de la dalia; los análisis químicos indicaron que las aguas residuales contenían una alta cantidad de residuos orgánicos y que podía ser utilizada para el riego (Prado *et al.*, 2011).

Recientemente, en *Dahlia variabilis* Desf. cv. Pink Attraction experimentaron con diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y tres biofertilizantes (*Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.* y *Azotobacter sp.*) para estudiar sus efectos sobre las características vegetativas y en la producción floral; la combinación de N (75 kg ha⁻¹) + P (100 kg ha⁻¹) + *Azotobacter sp.*, causó la mayor altura, número de ramas, área foliar, diámetro de la flor, periodo de floración, peso seco de la flor y vida de florero (Sheergojri *et al.*, 2013).

De igual forma, en *Dahlia variabilis* cv. Redskin probaron diferentes dosis de macro (Foliber® N-P-K) y micronutrientes (Unipower® B-Zn-Fe) en el crecimiento y floración. Con las concentraciones de Foliber (7.5 mL L⁻¹) y Unipower (6 mL L⁻¹) se obtuvieron los mejores resultados en altura, número de hojas, número de brotes laterales, área foliar, número de tubérculos por planta y diámetro de la flor (Younis *et al.*, 2014).

2.7 Micorriza arbuscular

El vocablo micorriza lo utilizó por primera vez el botánico alemán Albert Bernard Frank en 1885, para designar “la asociación de hifas a los órganos subterráneos de las plantas superiores”. Etimológicamente, proviene del griego “mykos” (hongo) y del vocablo latín “rhiza” (raíz) (Mirabal y Ortega, 2008). Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son miembros del filum Glomeromycota y del 80 al 95% de las especies vegetales viven en simbiosis con los hongos micorrícicos (Koltai, 2010; Seddas, 2009).

El establecimiento de la asociación micorrízica se sucede en varias etapas. Primero, la etapa "pre-simbiótica", donde las esporas que se encuentran en el suelo germinan. En presencia de la raíz, la hifa es estimulada por los exudados radicales y emite un tubo germinativo en dirección de la raíz; para penetrarla, el hongo formará un apresorio y con la ayuda de enzimas quitinasas y celulosas romperá la pared celular, penetrará y comenzará a ramificarse a todo lo largo y ancho de la raíz; tres días después, comienza la formación y desarrollo de los arbusculos intracelularmente; en estas estructuras, el hongo recibe carbono de la planta y a cambio absorbe y transporta elementos minerales a la planta (Koltai, 2010; Seddas, 2009).

El hongo micorrízico, coloniza biotróficamente la corteza de la raíz, sin causar daño a la planta, llegando a ser fisiológica y morfológicamente parte de la raíz. El hongo desarrolla un micelio externo que actúa como un sistema radical complementario y, actúa como una barrera física altamente efectiva para proteger a la planta de los hongos patógenos. También, con la formación de antibióticos altamente eficientes protege químicamente contra el desarrollo de nematodos y hongos patógenos. A partir de este micelio extrarradical se forman las esporas de los hongos micorrízicos.

2.8 Beneficios de la simbiosis micorrízica

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) mejoran el acceso de los nutrientes por la mayor superficie de absorción que representan, proporcionando a las plantas nutrientes esenciales, caso de Fósforo (P), Potasio (K), Nitrógeno (N), Calcio(Ca) y Magnesio (Mg); por esta mejor nutrición mineral, se estimula el crecimiento vegetativo y se acelera la brotación y floración. Se ha demostrado que incrementan la tasa fotosintética de las plantas, además de promover la capacidad de la planta para soportar el estrés abiótico, entre ellos la sequía, así como una mayor resistencia a las plagas (Koltai, 2010; Seddas, 2009).

Debido a su capacidad para hacer más tolerantes a las plantas bajo condiciones de estrés, se ha demostrado que los hongos micorrízicos son benéficos para el crecimiento y desarrollo de las plantas que no están bajo condiciones óptimas de crecimiento. Esas condiciones pueden ser debido a las manipulaciones del suelo, ya sea química o física en las etapas de manejo agronómico durante la pre-siembra, la escasez en el suministro de agua, el agua de riego de baja calidad, las altas temperaturas durante el día con altas tasas de evapotranspiración, o la salinidad del suelo (Koltai, 2010).

De igual forma, los HMA incrementan la tolerancia de las plantas a las toxinas, dan protección contra patógenos radicales (*Phytophthora*, *Aphanomyces*, *Fusarium*, *Verticillium* y nematodos) (Jeffries, 2003). De igual forma facultan a la planta asociada para incrementar la captación de iones, principalmente fosfatos, la cual puede ser seis veces superior a la que conseguirían en su ausencia (Mirabal y Ortega, 2008).

La interacción suelo-planta-microorganismo es de suma importancia en el mantenimiento de la calidad del suelo. En particular, la actividad microbiana en la rizósfera es un factor importante que determina la disponibilidad de nutrientes para las plantas y tiene una influencia significativa en su salud y productividad (Jeffries, 2003). Se ha comprobado que las hifas del hongo micorrízico forman una sustancia llamada glomalina que tiene la propiedad de adherir las partículas sueltas y, con otros microorganismos del suelo, contribuyen a la formación de agregados estables necesarios para mantener la estructura, en consecuencia, la calidad del suelo (Jeffries, 2003; Mirabal y Ortega, 2008).

La glomalina es una glicoproteína hidrófoba muy estable, la cual se deposita en las paredes exteriores de las hifas del micelio extrarradical y en las partículas del suelo adyacente, actuando como un agente de unión. Como consecuencia, las hifas extraradicales, junto con las raíces fibrosas, forman una "bolsa pegajosa" que enreda las partículas del suelo para formar macroagregados (Jeffries, 2003).

En suelos agotados, la absorción de nutrientes por los hongos micorrízicos puede conducir a una mejora del vigor y reproducción de la planta. Como resultado, las plantas micorrizadas son, a menudo, más competitivas y más capaces de tolerar el estrés ambiental que las plantas no micorrizadas (Seddas, 2009).

2.9 Tecnología para el uso de hongos micorrízicos arbusculares en la floricultura

Un requisito previo para la aplicación exitosa de los hongos micorrízicos arbusculares, es la disponibilidad del inóculo. Este inóculo debe poseer las siguientes características:

a) Alta calidad y concentración de propágulos de colonización, aunque se aplique en cantidades pequeñas, se verá reflejada en el crecimiento y rendimiento del cultivo. b) Libre de patógenos o compuestos peligrosos para la planta. c) Se debe producir en cantidades suficientes, de modo que esté disponible todo el año para los consumidores. d) Plasticidad de aplicación, el inóculo debe ser

fácil de aplicar y funcional para una gran cantidad de cultivos, lo que implica una amplia gama, ya que en la horto-floricultura hay una gran diversidad de especies. e) Capacidad para mantenerse biológicamente estable en los periodos donde esté ausente la raíz hospedera, en el caso de siembra de semillas y, por otro lado, que colonice rápidamente al anfitrión, cuando se trata de transplante de plántulas (Koltai, 2010).

El uso de fertilizantes, especialmente aquellos ricos en fosfatos o dosis de fertilización pesadas, puede dificultar la sostenibilidad de la asociación micorrízica. La aplicación en exceso de fertilizantes, así como el fácil acceso de fósforo del suelo, conducen a la reducción de la colonización micorrízica y a una menor densidad de propágulos. El uso excesivo de otros fertilizantes, tales como fertilizantes nitrogenados y en algunos casos, las fuentes orgánicas de nutrientes, incluyendo compost, residuos de cultivos y estiércol de pollo, se ha demostrado que tienen un efecto negativo sobre los hongos micorrízicos (Koltai, 2010).

2.10 Efecto de los hongos micorrízicos arbusculares en flores

2.10.1 Estudios en plantas micropropagadas

Con la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares se incrementó la longitud de la planta, área foliar, peso seco aéreo y se obtuvo una raíz más desarrollada, en plantas micropropagadas de gerbera (*Gerbera jamesonii*) y heliconia (*Heliconia sp.*), debido a que las plantas colonizadas desarrollaron un sistema radical con mayor longitud. A la vez, la inoculación al inicio de la aclimatación es benéfica, porque colonizan las raíces en desarrollo, se reduce la cantidad de inóculo y se obtienen los beneficios de la simbiosis desde una etapa temprana (Sato *et al.*, 1999; Pedraza-Santos *et al.*, 2001).

2.10.2 Estrés ambiental

En suelos deficientes de fósforo, la inoculación de *Glomus intraradices* aumentó la floración de áster (*Callistephus chinensis*) (Gaur y Adholeya, 2005). Se evaluó el efecto de *Glomus constrictum* bajo diferentes condiciones de sequía en cempasúchil (*Tagetes erecta*), incrementó la altura, diámetro, peso de la flor, contenido de carotenoides y clorofilas a y b (Abdul-Wasea y Elhindi, 2011). En condiciones de estrés hídrico, con la inoculación de *Glomus deserticola* se obtuvo mayor acumulación de materia seca, altura, número de hojas, diámetro del tallo, área foliar, número de

flores, número de espigas y concentración de la clorofila a/b en plantas boca de dragón (*Antirrhinum majus*) (Asrar *et al.*, 2012).

Los beneficios causados por HMA, se atribuyen a la mayor absorción de fósforo y consumo de agua por parte de las hifas, además, se ha demostrado que incrementan los pigmentos fotosintéticos y contrarrestan la foto-inhibición y foto-destrucción de los mismos pigmentos bajo condiciones de estrés, incrementando el contenido de carotenoides. Además las hifas tienen acceso a espacios porosos que las raíces y sus pelos radicales no tienen.

2.10.3 Semillero

Se evaluaron los HMA *Glomus mosseae*, *G. versiculiferum* y *Scutellospora pellucida* en la germinación de semillas de áster (*Callistephus chinensis*), el peletizado tuvo un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo en la fase de semillero, ya que ayudaron a mejorar la postura del tallo de las plantas para soportar el trasplante (Soroa, 1998). En gerbera (*Gerbera jamesonii*), la aplicación de HMA redujo la estancia en semillero (Soroa, 2007).

2.10.4 Enraizamiento de estacas

En rosa (*Rosa sp.*) con la inoculación de *Glomus intraradices* y *G. mosseae* se obtuvo un mayor porcentaje de estacas enraizadas, mayor número de raíces y un enraizamiento más rápido (Scagel, 2001; Scagel, 2004a).

2.10.5 Control biológico

Khalil *et al.*, (2001) valoraron el efecto de *Glomus sp.* y *G. aggregatum* para controlar la pudrición ocasionada por *Fusarium* en gladiola (*Gladiolus grandiflorus*), la biofertilización promovió el control biológico. En otra investigación, se evaluó el efecto de *Glomus intraradices* ante la exposición de enfermedades fúngicas en lisianthus (*Eustoma grandiflorum*), la inoculación promovió la resistencia a los hongos patógenos e incrementó la floración, longitud del tallo y número de flores (Meir *et al.*, 2010).

2.10.6 Crecimiento, floración y nutrición

La inoculación de *Glomus constrictum* en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) aumentó la altura, número de las raíces laterales, peso fresco, peso seco de la raíz, área foliar y concentración de nutrientes. Estos beneficios se asocian a un mayor sistema radical, dado por las hifas

micorrízicas, que exploran mayor volumen de suelo y obtienen los nutrientes de las fuentes menos solubles, por tanto, se tiene mayor absorción de estos (Sohn *et al.*, 2003).

El estudio en cefirante (*Zephyranthes sulphurea*) con HMA *Glomus intraradices* incrementó el número de flores y biomasa del bulbo (Scagel, 2003a). De igual forma, aumentó la producción de flores, cormos, número de hojas y de flores por inflorescencia en fresia (*Fressia x hybrida*) (Scagel, 2003b). Además, evaluó el efecto de los hongos micorrízicos en Queen Fabiola (*Brodiaea laxa*), con lo cual se disminuyó el tiempo de apertura floral e incrementó el número de flores y biomasa del cormo (Scagel, 2004b). En *Tagetes erecta*, *Tagetes patula* y *Tagetes tenuifolia*, también se aumentó el número de brotes y biomasa radical por efecto de HMA (Linderman y Davis, 2004).

En el cultivo de alcatraz (*Zantedeschia*) ‘Majestic Red’ y en ‘Pot of Golds’, se evaluó la inoculación con *Glomus intraradices*, lográndose el incremento de la biomasa del tubérculo y la promoción de una floración temprana, mayor producción de flores, biomasa y calidad del rizoma (Scagel y Schreiner, 2006). En geranio (*Pelargonium peltatum*), la biofertilización aumentó el número de brotes y flores, así como la concentración de fósforo y potasio en brotes (Perner *et al.*, 2007).

En gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. Bolus) evaluaron el efecto de *Glomus fasciculatum* y se obtuvo un mayor diámetro de la flores y se adelantó la floración (Soroa, 2007). De manera similar, en lili (*Lilium sp.*), *Glomus fasciculatum* proporcionó un mayor diámetro de tallo, longitud del tallo, diámetro del botón, ancho del pétalo y concentración de antocianinas (Rubí *et al.*, 2009a; 2009b). En anturio (*Anthurium andraeanum*) la inoculación incrementó la longitud del pedúnculo (Corbera *et al.*, 2008).

Morales, (2010) aplicó el inoculo comercial (EcoMic®) en begonia (*Begonia sp.*) var. Rex y se observó estímulo del crecimiento aéreo y de la raíz. Liang-Kun *et al.*, (2010) inocularon plantas de zinnia (*Zinnia elegans*) con *Glomus mosseae*, con lo cual se incrementó la altura de la planta, ancho y largo de las hojas, peso fresco y seco de brotes, número y tamaño de flores.

La inoculación con *Glomus mosseae* en rosa (*Rosa sp.*) adelantó la floración y prolongó el periodo de floración (Garmendia y Mangas, 2012). Los HMA promovieron el crecimiento y desarrollo de la flor de lili (*Lilium sp.*), mejorando la calidad comercial de la flor (Rubí *et al.*, 2012). En *Tagetes erecta* y *Chrysanthemum morifolium* la inoculación promovió una floración temprana y mayor número de flores (Vaingankar y Rodrigues, 2012).

Finalmente, importante mencionar que a la fecha no se encontró información alguna sobre la producción de dalias con HMA, solo hay un trabajo de investigación con bacterias promotoras del crecimiento vegetal en dalia (Sheergojri *et al.*, 2013).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

El experimento se estableció en un invernadero con cubierta plástica lechosa (25% de sombra), en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México., situado a 19° 28' norte y 98° 47' oeste, a 2240 metros de altitud. El clima es templado de altura con lluvias en verano, precipitación promedio total anual de 772.25 mm, la temperatura promedio anual de 15 °C, clasificado por Köppen y modificado por García (1988) como un Clima C (w₀) (w) b (i') g.

Dentro del invernadero, se instaló un HOBO® Data Loggers Onset® U12-012 Temp/RH/Light/Ext, para monitorear las condiciones ambientales prevalecientes durante el periodo de estudio (marzo-septiembre); la temperatura máxima promedio fue de 33.14 °C, la temperatura media promedio fue de 19.48 °C y la temperatura mínima promedio fue de 10.6 °C (Figura 1).

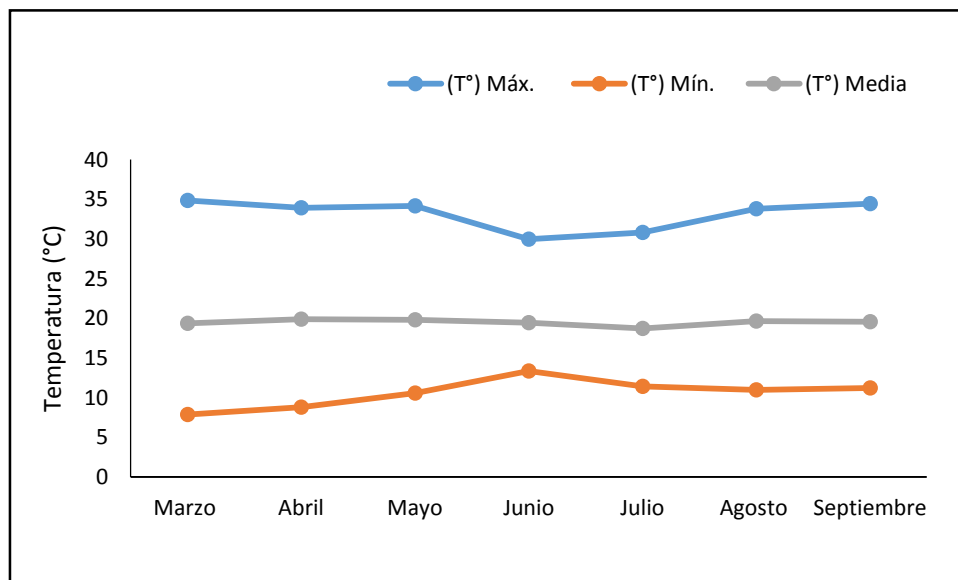


Figura 1. Registro de las temperaturas (°C) de marzo a septiembre 2014 [(T°) Máx.: Temperatura máxima promedio mensual; (T°) Mín.: Temperatura mínima promedio mensual y (T°) Media: Temperatura media promedio mensual].

En la figura 2 se observa el porcentaje de humedad relativa durante el periodo de evaluación, el máximo promedio fue de 91.14%, la media promedio fue de 67.38% y la mínima promedio fue de 33.13%.

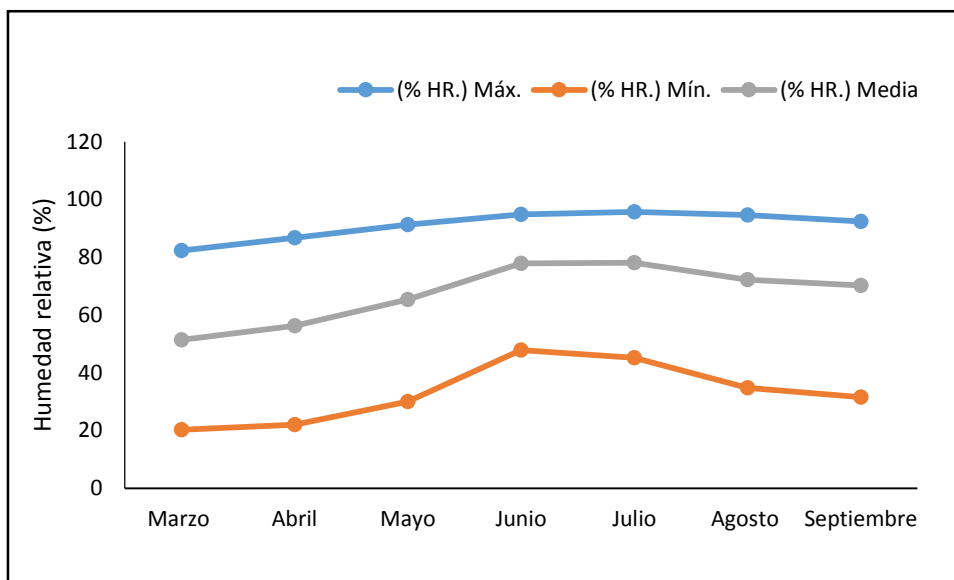


Figura 2. Porcentaje de humedad relativa de marzo a septiembre 2014 [(% HR.) Máx.: % de humedad relativa máxima promedio mensual; (% HR.) Mín.: % de humedad relativa mínima promedio mensual; (% HR.) Media: % de humedad relativa media promedio mensual].

Las condiciones de luminosidad que prevalecieron en el invernadero fueron de 680 a 764 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ de radiación fotosintéticamente activa (PAR) entre las 12 y 16 h a nivel de la maceta; en las primeras semanas de desarrollo de la planta se requirió agregar malla sombra, en cuyo caso la PAR se redujo entre 7 y 15% dependiendo de las condiciones de luminosidad del día.

3.2 Material vegetal

Se emplearon semillas comerciales Hortaflo® de dalia variedad Enana variada (*Dahlia variabilis*) y plántulas de dalia variedad Fresco (*Dahlia x hibrida*) provenientes del invernadero “Plántulas de Tétela”, Cuernavaca, Morelos, las cuales ya presentaban dos pares de hojas verdaderas a su llegada al invernadero el 15 de Marzo de 2014.

3.3 Manejo del experimento

3.3.1 Germinación de Dalia variedad Enana variada

Se utilizaron charolas de germinación las cuales se desinfectaron con hipoclorito de sodio (NaClO) al 5%. El sustrato que se empleó fue peat moss Premier® y vermiculita en una proporción (1:1 v/v), esterilizado en autoclave (120 °C por tres horas). El 18 de febrero de 2014 se inició el experimento con la siembra de 539 semillas, las cuales comenzaron a germinar a los 10 días.

3.3.2 Trasplante

Las plántulas con su cepellón fueron trasplantadas a bolsas negras de polietileno de 35 x 35 cm, mismas que contenían un sustrato resultado de mezcla de tierra negra esterilizada en autoclave (120 °C por tres horas), peat moss Premier® y agrolita en una proporción (1:1:1 v/v); las características fisicoquímicas del sustrato fueron: pH 5.24, conductividad eléctrica de 0.397 dS m⁻¹ y concentración de N 3.2 mg g⁻¹, P 0.4 mg g⁻¹, K 0.7 mg g⁻¹, Ca 1.0 mg g⁻¹, Na 1.3 mg g⁻¹, Mg 1.0 mg g⁻¹, Fe 61.2 µg g⁻¹, Cu 4 µg g⁻¹, Zn 24 µg g⁻¹ y Mn 156 µg g⁻¹.

3.3.3 Producción de inoculante

El Laboratorio de Nutrición de Frutales, de la Especialidad de Fruticultura (CP) proporcionó la cepa de hongos endomicorrízicos identificada taxonómicamente como *Glomus mosseae*. La producción del inoculante se efectuó mediante el método de plantas hospedantes (Sieverding, 1983), utilizando semillas pre-germinadas en sustrato estéril de *Impatiens balfourii*, planta ornamental, comúnmente conocida como “No me toques”, que pertenece a la Clase: Magnoliopsida, Orden: Geraniales.

Durante cuatro meses, las plántulas crecieron en invernadero; posteriormente se cosecharon y se verificó la colonización micorrízica en la raíz con la técnica de Phillips y Hayman (1970). Las esporas se extrajeron al pasar una suspensión de 100 g de suelo seco por una serie de tamices graduados (Gerdemann y Nicolson, 1963). La identificación se hizo con base en la descripción de los grupos de paredes de las esporas (Schenck y Pérez, 1990).

3.3.4 Inoculación y fertilización química

Al momento del trasplante de las plántulas de dalia variedad Enana variada (*Dahlia variabilis*) y dalia variedad Fresco (*Dahlia x hybrida*), se inocularon con 350 esporas de *Glomus mosseae* esterilizadas en la superficie con Cloramina T al 0.02% (Mosse y Phillips, 1971), que se colocó en un orificio hecho en el sustrato, de tamaño suficiente para dar cabida al cepellón que traía la plántula.

La fertilización química se llevó a cabo una semana después del trasplante, para lo cual se realizó una pequeña excavación con una espátula alrededor de la plántula en cada una de las macetas y se colocó 1 g de fertilizante de liberación continua 11-7-7 Scotts® (Nitrógeno (N) 11.0%, Fósforo

(P₂O₅) 7.0%, y Potasio soluble (K₂O) 7.0%), que se distribuyó al máximo posible, ya que la dalia resulta sensible al exceso de sales.

3.3.5 Riego, sombreado y control de plagas

La estancia en semillero y después del trasplante, el riego se realizó tomando en consideración el volumen de agua para que el sustrato utilizado alcanzara capacidad de campo, correlacionando tal condición, con valores determinados mediante un medidor de humedad (Moisture Meter HH2, Delta-T Devices, Theta Probe tyoe ML2x, Cambridge, England), con lo cual se pudo definir el volumen de reposición para que el suelo alcanzara nuevamente la condición de capacidad de campo, cada vez que el suelo disminuía a 80% de humedad aprovechable.

Durante la estancia en semillero y el primer mes después del trasplante se colocó una malla sombra al 75% para proteger a las plántulas. El pulgón (*Myzus persicae*) se controló manualmente, con un pincel humedecido en agua se retiraron de la planta y no se aplicó ningún plaguicida; para la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) se colocaron trampas amarillas, para lo cual se utilizaron hojas de color amarillo con pegamento para monitoreo y trampeo de plagas agrícolas Stick-bug 50 Alterna®, colocadas a la altura de la planta.

3.4 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar y la estructura de los tratamientos fue un arreglo factorial 2³ completo, con tres repeticiones para los dos primeros muestreos y 4 repeticiones para el tercer muestreo; la unidad experimental fue de una planta. Los factores y niveles probados en el estudio fueron: *Glomus mosseae*, 0 g y 10 g de esporas por planta; fertilización química (11-7-7), 0 g L⁻¹ y 1 g L⁻¹; sustrato, esterilizado y no esterilizado. La evaluación para cada variedad de dalia en estudio, fue realizada por separado, utilizando el mismo diseño.

3.5 Tratamientos

De acuerdo al arreglo factorial 2³, se establecieron ocho combinaciones de tratamientos:

1. h0f0s0: Sin *G. mosseae*, sin fertilización química y sustrato sin esterilizar.
2. h1f0s0: Con *G. mosseae*, sin fertilización química y sustrato sin esterilizar.
3. h0f1s0: Sin *G. mosseae*, con fertilización química y sustrato sin esterilizar.

4. h1f1s0: Con *G. mosseae*, con fertilización química y sustrato sin esterilizar.
5. h0f0s1: Sin *G. mosseae*, sin fertilización química y sustrato esterilizado.
6. h1f0s1: Con *G. mosseae*, sin fertilización química y sustrato esterilizado.
7. h0f1s1: Sin *G. mosseae*, con fertilización química y sustrato esterilizado.
8. h1f1s1: Con *G. mosseae*, con fertilización química y sustrato esterilizado.

3.6 Muestreos

El muestreo uno se realizó al termino del crecimiento vegetativo e inicio de la floración, del 27 al 29 de mayo y se utilizaron tres repeticiones por tratamiento para evaluación. El muestreo dos se hizo en el periodo de floración plena, del 16 al 20 de junio y también se utilizaron tres repeticiones por tratamiento para evaluación. El muestreo tres se llevó a cabo cuando la planta terminó su ciclo de vida el 25 de septiembre; para evaluar este muestreo se utilizaron cuatro repeticiones

3.7 Variables de estudio

3.7.1 Altura y diámetro de tallo

Se evaluó la altura de la planta en (cm) y se consideró de la base del tallo al ápice de la planta, la cual se midió con un flexómetro. El diámetro del tallo se evaluó en (mm) y se tomó en la base del tallo con un calibrador digital. Estas variables se registraron en el primero y segundo muestreos.

3.7.2 Número de botones, flores, periodo de floración y grados día desarrollo

En el segundo muestreo se contabilizó el número de botones florales y flores por planta. El periodo de floración en días se registró durante todo el experimento, con los que se calcularon los Grados Día Desarrollo (GDD), utilizando el método residual, para lo cual se tomó en cuenta la temperatura máxima y mínima por día, se calculó la media diaria y se restó la temperatura base de la dalia (7.2 °C).

3.7.3 Biomasa y partición de carbohidratos

Se cortaron y separaron las hojas, tallos, botones, flores y raíz, posteriormente se pesaron en una balanza digital (Alep, EY-2200A) y se guardaron en bolsas de papel para secado en una estufa durante 72 horas a 70 °C. Una vez que las muestras se secaron, se pesaron para obtener la biomasa seca por cada órgano de la planta; con la suma de la biomasa por órganos se calculó la biomasa

total (g). La partición de carbohidratos se obtuvo a partir de calcular la distribución relativa de materia seca en cada una de las estructuras (hoja, tallo, flor y raíz), respecto a la biomasa seca total. La biomasa y partición de carbohidratos se calcularon en los dos primeros muestreos.

3.7.4 Área foliar

Con un integrador Li-cor, inc., Nebraska, LI-3100, se obtuvo el área total por planta (cm²), en los dos primeros muestreos.

3.7.5 Evaluación de crecimiento

Para evaluar el crecimiento de las plantas de dalia, en los dos primeros muestreos, se calculó la Tasa de Crecimiento Relativo (mg g⁻¹día⁻¹), utilizando la siguiente ecuación (Coombs *et al*; 1988):

$$TCR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{T_2 - T_1}$$

Donde: TCR = Tasa de Crecimiento Relativo, Ln = Logaritmo natural, W = Peso seco y T = Tiempo.

Al mismo tiempo se determinó la Tasa Unitaria Foliar (mg cm² día⁻¹), mediante la ecuación (Coombs *et al*; 1988):

$$TUF = \frac{Ps_2 - Ps_1}{T_2 - T_1} \cdot \frac{\ln Af_2 - \ln Af_1}{Af_2 - Af_1}$$

Donde: TUF = Tasa Unitaria Foliar, Ps = Peso seco, Af = Área foliar, Ln = Logaritmo natural y T= Tiempo.

3.7.6 Peso seco de la parte aérea, peso fresco de raíz y número de tubérculos

Estas variables se midieron en el tercero y último muestreo. Con una balanza digital se obtuvo el peso seco de la parte aérea en (g), el peso fresco de las raíces en (g) y se contó el número de tubérculos por planta.

3.8 Evaluación de las raíces micorrizadas

La evaluación micorrízica se realizó en el segundo muestreo, para lo cual se extrajo el sistema radical en su totalidad de cada una de las plantas utilizadas. Las raíces se colocaron en un tamiz y

se lavaron con agua de grifo para quitar la tierra y obtener las raíces limpias. De cada planta se tomaron de cuatro a cinco diferentes porciones del sistema radical y se guardaron en capsulas de plástico para histología.

3.8.1 Técnica de clareo y tinción de raíces

Se utilizó el método de clareo y tinción de Phillips y Hayman (1970). Las raíces más finas se guardaron en capsulas de plástico para histología, se colocaron en un vaso de precipitados y se agregó hidróxido de potasio (KOH) al 10%. Las raíces contenidas en esta solución se calentaron a baño maría en una olla exprés a 12 libras de presión por 10 minutos; transcurrido este tiempo se retiró el KOH y se enjuagaron con agua destilada. Se adicionó peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 10% durante 4 minutos, se decantó y enjuagó con agua destilada. Enseguida se aplicó ácido clorhídrico (HCl) al 10% y se agitó por 4 minutos; se retiró el HCl y sin enjuagar se procedió a la tinción. Se añadió la solución colorante azul de tripano al 0.05% en lactoglicerol y se calentaron a baño maría en la olla exprés a 10 libras de presión por 10 minutos y, finalmente, se retiró la solución colorante (Trejo *et al*; 2008).

3.8.2 Determinación del porcentaje de colonización micorrízica en raíces

Las raíces teñidas se fraccionaron con agujas de disección y se colocaron 100 segmentos de raíces en un portaobjeto; se adicionaron unas gotas de lactoglicerol, se colocó el cubreobjetos y cada laminilla se selló con esmalte. Con el microscopio óptico se observó la presencia de las estructuras fúngicas. Para la estimación del porcentaje de colonización micorrízica de raíces, se realizaron tres pasajes equidistantes por laminilla. Al revisar un campo óptico donde se encontró un segmento que contenía hifas, vesículas y/o arbusculos, independientemente de la intensidad de colonización micorrízica, se dio el valor de uno. El porcentaje de colonización total se obtuvo con la siguiente fórmula (Ferrera, 1993):

$$\text{Porcentaje de colonización total} = \frac{\text{Número de segmentos colonizados}}{\text{Número de segmentos totales}} \times 100$$

3.8.3 Separación de esporas: Método de tamizado y decantación en húmedo.

Para la separación de esporas del suelo se utilizó el método de tamizado, decantado y húmedo de Gerdemann y Nicolson (1963). Se pesaron 100 g de suelo rizosférico en un vaso de precipitados y se adiciono un litro de agua de grifo; se agitó mecánicamente durante cinco minutos y después

se dejó reposar 3 minutos, para eliminar las partículas grandes por sedimentación. La suspensión se pasó a través de una columna de tamices graduados colocados en orden decreciente (100, 74 y 44 micras). La fracción de suelo que se obtuvo en cada tamiz, se pasó a papel filtro para la posterior cuantificación de esporas. Se observó al microscopio estereoscópico y se cuantificó el número de esporas contenido en 100 g de suelo seco (Fuentes-Dávila y Ferrera-Cerrato, 2007).

3.9 Evaluación de nutrientes

3.9.1 Determinación de nitrógeno

Se utilizó el método de Kjeldahl (Jones *et al*; 1991). En un tubo de vidrio se pesó 0.1 g de materia seca, para la predigestión se agregaron 3 mL de una mezcla de ácido sulfúrico y ácido salicílico, más la mezcla de sulfatos (sulfato de magnesio, sulfato de cobre y selenio negro), que actuaron como catalizadores, sin dañar la composición de la materia; se dejó en reposo una noche y, al día siguiente, los tubos se colocaron en el equipo de digestión (una plancha de arena a 300 °C) durante cinco horas aproximadamente, hasta obtener un extracto de color verde claro. Al término de la digestión, se agregó agua destilada a cada tubo. La mezcla de digestión quedó lista para la determinación de amonio mediante la destilación por arrastre de vapor, en el tren de destilación.

En un matraz Erlenmeyer de 250 mL, se agregaron 20 mL de ácido bórico (H_3BO_3) con una mezcla de indicadores verde bromocresol y rojo de metilo. En los tubos de digestión se agregaron 10 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 50%, más la muestra obtenida previamente. Se destiló la muestra hasta obtener un volumen de 50 mL. Finalmente, se tituló la solución obtenida, en una bureta con ácido sulfúrico (HCl) al 0.051N.

3.9.2 Determinación de fósforo por digestión con $HNO_3/HClO_4$

En tubos para digestión se pesaron 0.5 g de materia seca y se adicionaron 4 mL de ácido nítrico (HNO_3) y 2 mL de ácido perclórico ($HClO_4$). Para evitar la proyección de los ácidos por la digestión, se adicionaron 6 perlas de vidrio en cada tubo. Posteriormente se colocaron en una plancha de arena a 300 °C durante cinco horas aproximadamente y se retiró cuando la solución se tornó a una coloración cristalina; se dejó enfriar un poco y se agregó agua destilada. Esta solución se transfirió a matraces volumétricos de 25 mL y se aforó con agua destilada; posteriormente se filtró y guardó. De esta solución madre se tomó una alícuota de 1 mL y se colocó en un matraz volumétrico de 10 mL; se agregaron 1.5 mL de mezcla de vanadato de amonio y heptamolibdato

de amonio y se aforó con agua destilada; 30 minutos después, se procedió a tomar la lectura en el espectrofotómetro a 470 nanómetros (nm) (Alcántar y Sandoval, 1999).

3.9.3 Determinación de potasio

De la solución madre que se obtuvo en el procedimiento anterior, se tomaron 0.5 mL y se agregaron 12.5 mL de agua destilada, se agitó y procedió a tomar la lectura en partes por millón en un espectrofotómetro de absorción atómica (GBC, Scientific equipment, Savanta, Australia) (Alcántar y Sandoval, 1999).

3.10 Análisis estadístico

Todas las variables en estudio se analizaron mediante el sistema de análisis estadístico (SAS), versión 9.0, se realizaron ANOVA (análisis de varianza) y la prueba de Tukey para comparación de medias de tratamientos e interacciones con un nivel de confianza del 95% (Castillo, 2007), en cada uno de los experimentos por variedad.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*)

4.1.1 Fenología del desarrollo de las plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*) bajo condiciones de invernadero

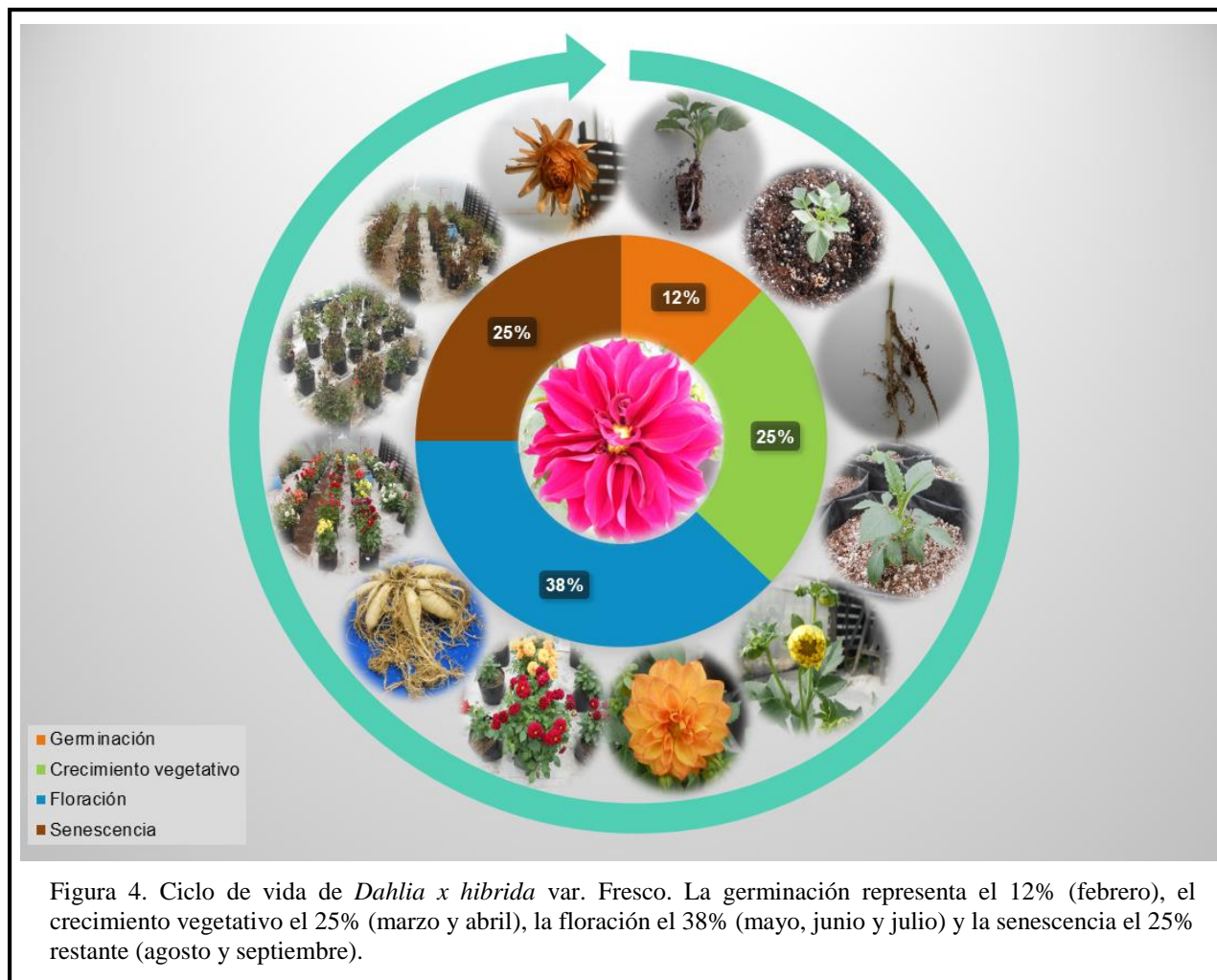
Dahlia x hybrida var. Fresco es una herbácea anual de 47 cm de altura con hojas simples y tripinnadas de color verde oscuro, tallos glabros de color verde, de flores dobles y sencillas de colores firmes (blanco, rojo, melón, amarillo) y bicolores (beige, con orillas rosadas, mezclas de naranja, rojo con orillas amarillas) de variadas formas (Figura 3), raíces tuberosas y poca formación de semilla.

En marzo y abril se dio el crecimiento vegetativo de las plántulas de *Dahlia x hybrida* var. Fresco; en mayo inició la aparición de los botones florales, del 18 al 27 de este mes abrieron las primeras flores y se contaron de dos a cuatro tubérculos por maceta. De junio hasta el 20 de julio, se observó el periodo de plena floración y se cuantificaron de cuatro a ocho tubérculos por planta; a partir del 23 de julio las flores comenzaron a marchitarse. En agosto, la floración disminuyó y, en algunas dalias, se observó la formación de semillas. En septiembre el 80% de las plantas observaban senescencia y, el 24 de este mes, terminó su ciclo de vida y se contabilizaron 13 tubérculos por planta (Figura 4).

Las condiciones ambientales que prevalecieron en el invernadero fueron de 19.48 °C, 67.38% de HR y de 680 a 764 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiación fotosintéticamente activa (PAR) entre las 12 y 16 h a nivel de la maceta; tanto los valores de temperatura y humedad relativa, como de luminosidad, son valores promedios durante el periodo de estudio; importante indicar, que en las primeras semanas de desarrollo de la planta se requirió agregar malla sombra, toda vez que las plantas estaban observando poco crecimiento, en cuyo caso, la PAR se redujo entre 7 y 15%, dependiendo de las condiciones de luminosidad del día, que afectan las mediciones de la PAR.



Figura 3: Gama de colores y formas de flores de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*)



4.2 Efecto de la inoculación de *Glomus mosseae*, aplicación de la fertilización química y sustrato en el primer muestreo (término del crecimiento vegetativo e inicio de la floración).

4.2.1 Altura, diámetro de tallo y tasa de crecimiento relativo (TCR)

Las mayores alturas, mayores diámetros y tasas de crecimiento relativo se lograron con la inoculación de *G. mosseae*. Si comparamos los resultados en altura, de las plantas de *Dahlia* (Cuadro 1), se observa que *Glomus mosseae* incrementó la altura hasta 31.16 cm por 27.23 cm del tratamiento fertilizado, de hecho el análisis estadístico realizado indicó diferencias estadísticas a favor de la micorriza. Cuando ambos factores de variación interactúan, se reduce la altura hasta 19.75 cm, esta disminución de la altura muestra que la fertilización química afecta a la micorriza y se reduce el crecimiento de la planta. Esto sugiere que en el manejo del cultivo de dalia, precisa

la incorporación de los hongos micorrízicos como sustituto de la fertilización química en sustratos con niveles suficientes de fertilidad.

Cuadro 1. Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en la altura, diámetro del tallo y tasa de crecimiento relativo (TCR) de plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*) al término del crecimiento.

	Altura (cm)	Diámetro del tallo (mm)	TCR (mg g ⁻¹ día ⁻¹)
Factor (hongo micorrízico arbuscular)			
h0 ¹	22.0a	5.30b	25.88b
h1 ²	23.33a	7.11a	32.70a
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química)			
h0f0 ³	21.76ab	5.49a	26.18b
h1f0	26.91a	6.99a	38.07a
h0f1 ⁴	22.23ab	5.11a	25.58b
h1f1	19.75b	7.24a	27.32b
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química * sustrato)			
h0f0s0 ⁵	25.03ab	5.28ab	29.9bc
h1f0s0	31.16a	6.17ab	43.6a
h0f1s0	17.33b	3.72b	10.8d
h1f1s0	18.16b	7.09a	25.0c
h0f0s1 ⁶	18.50b	5.69ab	22.4c
h1f0s1	22.66ab	7.80a	32.6abc
h0f1s1	27.33ab	6.49ab	40.3ab
h1f1s1	21.33ab	7.40a	29.6bc

¹h0: sin *Glomus mosseae*; ²h1: con *Glomus mosseae*; ³f0: sin fertilización química; ⁴f1: con fertilización química; ⁵s0: sustrato sin esterilizar; ⁶s1: sustrato esterilizado (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples e interacciones, Prueba de Tukey p≤0.05) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

Mohr, (1995) indica que el crecimiento de los diferentes órganos de las plantas, es un proceso fisiológico complejo, que depende directamente de la fotosíntesis y que además está influenciado por la disponibilidad de nutrientes. Los resultados obtenidos en la presente investigación, muestran que el desarrollo de las plantas de *Dahlia*, seguramente está en proporción a la mayor absorción de nutrimentos que realizan los HMA.

4.2.2 Biomasa

Este primer muestreo se realizó al término del crecimiento vegetativo e inicio de la floración y, como era de esperarse, se obtuvo la mayor acumulación de biomasa seca en hoja, tallo y total en plantas inoculadas con *G. mosseae* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en el peso seco de hoja, tallo, raíz y total de plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x híbrida*) al término del crecimiento.

	Hoja (g)	Tallo (g)	Raíz (g)	Total (g)
Factor (hongo micorrízico arbuscular)				
h0 ¹	2.6b	1.0b	2.67a	6.23b
h1 ²	5.1a	1.7a	1.81a	8.57a
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química)				
h0f0 ³	1.90c	0.6c	2.70a	5.23b
h1f0	6.40a	2.3a	2.80a	11.5a
h0f1 ⁴	3.28bc	1.5b	2.65a	7.24b
h1f1	3.78b	1.0bc	0.83a	5.65b
Interacción (fertilización química * sustrato)				
f0s0 ⁵	5.06a	1.91a	3.8a	10.71a
f1s0	2.00b	0.74c	0.9b	3.47b
f0s1 ⁶	3.28ab	1.01bc	1.7ab	6.01b
f1s1	5.06a	1.76ab	2.6ab	9.41a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química; ⁵ s0: sustrato sin esterilizar; ⁶ s1: sustrato esterilizado (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples e interacciones, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

Con la inoculación de *G. mosseae* se obtuvo la mayor acumulación de materia seca total, que fue de 11.5 g, en tanto que con la fertilización química disminuyó a 7.24 g y en combinación, micorriza y fertilización, la biomasa fue menor (5.65 g) (Cuadro 2). Con base en lo anterior, se puede decir que la inoculación incrementó el desarrollo de la planta y correspondiente nutrición mineral, lo que se ve reflejado en los resultados, mayor acumulación de biomasa. En la interacción, se observó que la fertilización química afectó de manera negativa la simbiosis micorrízica, ya que la acumulación de biomasa fue menor. Resultados similares se obtuvieron en zinnia (*Zinnia elegans*)

con *Glomus mosseae* y en boca de dragón (*Antirrhinum majus*) con *Glomus deserticola*, ya que la biofertilización incrementó la biomasa (Liang-Kun *et al.*, 2010; Asrar *et al.*, 2012). Estos beneficios, en particular, se pueden atribuir a la mayor absorción de fósforo y consumo de agua por parte de las hifas, ya que tienen acceso a espacios porosos que las raíces y pelos radicales de las raíces no tienen (Gaur y Adholeya, 2005; Koltai, 2010).

4.2.3 Partición de carbohidratos

Es importante hacer notar que al observar los valores de biomasa seca (Cuadro 2) en los diferentes órganos de la planta en desarrollo, la mayor acumulación se presenta en hojas, con excepción de aquellos casos donde no hay micorriza, en cuyo caso la acumulación es mayor en raíz. En consecuencia la distribución relativa de materia seca en los diferentes órganos de la planta, muestra los mayores porcentajes en hoja y tallo con la inoculación de *G. mosseae* y en raíz sin la inoculación de *G. mosseae* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en la distribución de materia seca de hoja, tallo y raíz de plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hibrida*) al término del crecimiento.

	Hoja (%)	Tallo (%)	Raíz (%)
Factor (hongo micorrízico arbuscular)			
h0 ¹	37.9b	13.6b	48.4a
h1 ²	62.8a	19.6a	17.6b
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química * sustrato)			
h0f0 ³ s0 ⁵	36.7b	13.09a	50.2ab
h1f0s0	52.6ab	20.52a	26.8bc
h0f1 ⁴ s0	30.8b	10.89a	58.3 ^a
h1f1s0	68.8a	19.64a	11.5c
h0f0s1 ⁶	36.4b	10.79a	52.7ab
h1f0s1	64.7a	20.33a	14.9c
h0f1s1	48.0ab	19.73a	32.2abc
h1f1s1	64.9a	17.98a	17.0c

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química; ⁵ s0: sustrato sin esterilizar; ⁶ s1: sustrato esterilizado (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples e interacciones, Prueba de Tukey p≤0.05) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

El primer muestreo se realizó cuando la planta terminaba su crecimiento vegetativo e iniciaba su floración, proceso que demanda gran cantidad de carbohidratos, por lo cual se distribuyen mayormente en la parte aérea, por lo cual hay menor acumulación de carbohidratos y biomasa en la raíz (Castillo-González *et al.*, 1998; Pérez *et al.*, 2003; Cuadros *et al.*, 2011).

La biofertilización con *G. mosseae* demanda mayor cantidad de carbohidratos, dados los mayores niveles de altura, diámetro de tallo, tasa de crecimiento relativo y biomasa que causa. La colonización micorrízica también demanda el consumo de carbohidratos para la formación de las estructuras fúngicas, lo que también puede limitar la acumulación de carbohidratos en la raíz (Cuadros *et al.*, 2011).

4.3 Efecto de la inoculación de *Glomus mosseae*, aplicación de la fertilización química y sustrato en el segundo muestreo (floración plena)

4.3.1 Altura, diámetro de tallo, tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa unitaria foliar (TUF)

La mayor altura y diámetro de tallo se alcanzaron con la inoculación de *G. mosseae*, en tanto que la mayor TCR con la aplicación de fertilización química y sustrato sin esterilizar; en la TUF no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 4). En otros estudios se ha demostrado que los HMA incrementan el crecimiento de las especies ornamentales (Soroa, 1998; Pedraza-Santos *et al.*, 2001; Rubí *et al.*, 2009a; Meir *et al.*, 2010).

Los HMA estimulan cambios metabólicos en la fisiología de las plantas, estos cambios se traducen en una mayor altura y diámetro de tallo. La inoculación de *G. mosseae* no incrementó la TUF, al parecer, se propicia una mayor área foliar de la planta, bajando la eficiencia de biomasa por unidad de superficie foliar, en razón de la menor eficiencia de captación de energía lumínica por el auto-sombreo que se presenta al haber mayor número de hojas por planta, de hecho, otros estudios han demostrado que los HMA incrementan el área foliar (Soroa *et al.*, 2003).

En adición a lo anterior, la experiencia muestra, que conforme una planta micorrizada crece, una porción de peso total es invertida en otras estructuras, como es la formación de estructuras micorrízicas, lo cual también podría estar explicando en parte los menores valores de TCR Y TUF.

Cuadro 4. Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en la altura, diámetro del tallo, tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa unitaria foliar (TUF) de plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*) en plena floración.

	Altura (cm)	Diámetro de tallo (mm)	TCR (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	TUF (mg cm ⁻² día ⁻¹)
Factor (hongo micorrízico arbuscular)				
h0 ¹	36.0b	7.65b	66.17a	0.206a
h1 ²	47.0a	9.89a	80.15a	0.160a
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química)				
h0f0 ³	35.83b	7.11b	51.45b	0.195a
h1f0	49.58a	10.89a	63.96ab	0.121a
h0f1 ⁴	36.16b	8.18b	80.88ab	0.216a
h1f1	44.41ab	8.90ab	96.34a	0.199a
Interacción (fertilización química*sustrato)				
f0s0 ⁵	42.91a	8.55a	43.0b	0.093a
f1s0	38.00a	7.50a	107.3a	0.287a
f0s1 ⁶	42.50a	9.45a	72.4ab	0.223a
f1s1	42.58a	9.58a	69.9ab	0.128a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química; ⁵ s0: sustrato sin esterilizar; ⁶ s1: sustrato esterilizado (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples e interacciones, Prueba de Tukey p≤0.05) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

4.3.2 Biomasa

En este segundo muestreo (floración plena) la mayor acumulación de biomasa en hoja, tallo, flor y total se alcanzó con la biofertilización de *G. mosseae*, mientras que en raíz se obtuvo sin la inoculación de *G. mosseae* aunque sin diferencia significativa (Cuadro 5). La mayor acumulación de biomasa total fue de 38.34 g y se obtuvo con *Glomus mosseae* y sin la aplicación del biofertilizante fue menor (21.93 g). Resultados similares se obtuvieron con *G. intraradices* en alcatraz (*Zantedeschia*) ‘Majestic Red’ y ‘Pot of Golds’ (Scagel y Schreiner, 2006). En otros estudios se ha demostrado la eficacia de los HMA para incrementar la biomasa del sistema radical (Scagel, 2003a; Scagel, 2003b; Scagel, 2004b; Linderman y Davis, 2004).

Los hongos micorrízicos arbusculares mejoran la absorción de los nutrientes, proporcionando a las plantas los nutrientes esenciales en mayores cantidades, caso de Fósforo (P), Potasio (K),

Nitrógeno (N), Calcio(Ca) y Magnesio (Mg), por esta mejor nutrición mineral, se estimula el crecimiento y desarrollo vegetativo (Koltai, 2010; Seddas, 2009).

Cuadro 5. Efecto de la micorriza, fertilización química y sustrato en el peso seco de hoja, tallo, flor, raíz y total de plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*) en plena floración.

	Hoja (g)	Tallo (g)	Flor (g)	Raíz (g)	Total (g)
Factor (hongo micorrízico arbuscular)					
h0 ¹	6.77b	4.41b	3.49b	7.25a	21.93b
h1 ²	13.11a	12.22a	9.70a	3.31a	38.34a
Factor (fertilización química)					
f0 ³	9.33a	7.72a	6.63a	3.67a	27.37a
f1 ⁴	10.55a	8.91a	6.55a	6.89a	32.90a
Factor (sustrato)					
s0 ⁵	9.05a	7.82a	5.00a	5.76a	27.63a
s1 ⁶	10.83a	8.81a	8.19a	4.80a	32.64a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química; ⁵ s0: sustrato sin esterilizar; ⁶ s1: sustrato esterilizado (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples, órgano y total de la planta, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

4.3.3 Partición de carbohidratos

En hoja, tallo y flor, los mayores valores de biomasa seca se obtuvieron con la inoculación de *G. mosseae*; en raíz, el mayor peso seco se obtuvo sin la inoculación de *G. mosseae* (Cuadro 6).

El muestreo dos se efectuó en el momento de floración plena, al igual que en el primer muestreo, la mayor distribución de biomasa y porcentaje de materia seca se obtuvieron en la parte aérea de plantas micorrizadas, mientras que en raíz disminuyeron. Esto se puede explicar debido a que la floración o, en su conjunto, la parte aérea, demanda un alto consumo de carbohidratos (Castillo-González *et al.*, 1998; Pérez *et al.*, 2003; Cuadros *et al.*, 2005).

La biofertilización incrementó la biomasa en la parte aérea, mientras que en raíz disminuyó, debido a competencia y al costo en carbohidratos que representa el mantenimiento de la simbiosis micorrízica. En estos resultados podemos observar una alta demanda de carbón por parte de la hoja, tallo y flor, lo que puede originar un aumento en actividad fotosintética de las hojas.

Cuadro 6. Efecto de la micorriza, fertilización química y sustrato en la distribución relativa de materia seca de hoja, tallo, flor y raíz de plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hibrida*) en plena floración.

	Hoja (%)	Tallo (%)	Flor (%)	Raíz (%)
Factor (hongo micorrízico arbuscular)				
h0 ¹	32.56a	20.28b	17.54b	29.58a
h1 ²	34.19a	31.57a	25.72a	8.48b
Factor (fertilización química)				
f0 ³	34.10a	25.57a	23.71a	16.58a
f1 ⁴	32.65a	26.29a	19.55a	21.48a
Factor (sustrato)				
s0 ⁵	32.61a	26.49a	17.50a	23.36a
s1 ⁶	34.14a	25.37a	25.76a	14.70a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae* ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química; ⁵ s0: sustrato sin esterilizar; ⁶ s1: sustrato esterilizado (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples y órgano de la planta, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

Con la inoculación de *Glomus mosseae* se incrementó la partición de carbohidratos, Villalobos, (2001) indicó que la partición del carbón a favor de estos hongos, depende de las condiciones de la planta y su interacción con el medio ambiente. La demanda de P por la planta parece ser un factor que regula la cantidad de carbón que la planta envía a la micorriza. Aparentemente, la planta se ajusta a una situación de equilibrio entre las cantidades de carbono producto de la fotosíntesis y los nutrimentos que absorbe por la raíz.

Koch (1996), indicó que los modelos del equilibrio funcional predicen que la planta cambia la relación raíz/tallo, según sea la disponibilidad de minerales o de carbón. Si la disponibilidad de nutrimentos en el suelo es suficiente, la planta requiere menos raíces para satisfacer su demanda por el follaje y, en consecuencia, la relación peso seco de la raíz/peso seco del tallo, disminuye.

4.3.4 Concentración de nutrientes: Nitrógeno, Fósforo y Potasio

En hoja, tallo, flor y raíz no se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de nitrógeno y potasio (Cuadro 7). En flor y raíz la mayor concentración de fósforo se obtuvo con la inoculación de *G. mosseae*, en el primer caso (flor), con sustrato sin esterilizar y, en el segundo caso (raíz), con sustrato esterilizado; en la concentración de fósforo de hoja y tallo no se

encontraron diferencias significativas (Cuadro 7). Se conoce que los HMA facultan a la planta asociada para incrementar la captación de iones, principalmente fosfatos, la cual puede ser seis veces superior a la que conseguirían en su ausencia (Mirabal y Ortega, 2008).

Cuadro 7. Efecto de la micorriza, sustrato y sus interacciones en la concentración de N, P y K en hoja, tallo, flor y raíz de plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*) en plena floración.

	Nitrógeno (mg g ⁻¹)			Fósforo (mg g ⁻¹)				Potasio (mg g ⁻¹)				
	Hoja	Tallo	Flor	Raíz	Hoja	Tallo	Flor	Raíz	Hoja	Tallo	Flor	Raíz
	Factor (hongo micorrízico arbuscular)											
h0 ¹	29.65a	13.92a	23.55a	13.32a	3.55a	0.52a	1.50a	0.83b	15.80a	10.25a	10.15a	11.25a
h1 ²	28.3a	10.92a	20.2a	12.7a	3.40a	0.34a	1.80a	1.199a	13.59a	10.55a	12.07a	9.62a
	Interacción (hongo micorrízico arbuscular * sustrato)											
h0s0 ³	27.36a	9.99b	22.60a	11.18a	3.38a	0.45a	1.37b	0.80b	16.07a	9.72a	10.45a	12.16a
h1s0	27.84a	10.70ab	21.17a	11.89a	3.44a	0.38a	2.15a	0.99ab	14.51a	11.46a	13.34a	9.18a
h0s1 ⁴	31.88a	17.84a	24.51a	15.46a	3.69a	0.58a	1.64ab	0.87b	15.52a	10.79a	9.90a	10.34a
h1s1	28.55a	11.18ab	19.27a	13.56a	3.42a	0.31a	1.46b	1.39a	12.68a	9.67a	10.86a	10.05a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ s0: sustrato sin esterilizar; ⁴ s1: sustrato esterilizado (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples e interacciones, elemento mineral y órganos de la planta, Prueba de Tukey p≤0.05) (Solamente se presentan resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

El nivel de concentración de nitrógeno en las hojas de dalia se encontró entre 2.7 a 3.1%, el nivel de concentración de fósforo en hojas de dalia se encontró entre 0.33 a 0.36% y el nivel de concentración de potasio en hojas de dalia se encontró entre 1.26 a 1.60%, independientemente de la aplicación de la fertilización orgánica o química. Así, la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en las plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*), se encontró dentro del intervalo de suficiencia (N 2.0-5.0%, P 0.2-0.5% y K 1.0-5.0%) (Winsor y Adams, 1987; Alcántar y Sandoval, 1999).

4.3.5 Extracción de nutrientes por órganos

La mayor extracción de nitrógeno, fósforo y potasio dirigidos a tallo, hoja y flor se consiguió con la inoculación de *G. mosseae*, mientras que en raíz, la mayor extracción de N, P, K, se obtuvo sin la inoculación de *G. mosseae*, aunque sin diferencia significativa (Cuadro 8). La inoculación de *Glomus mosseae* ejerció un efecto disminuyendo el envío de nutrientes a la raíz derivado del incremento en el aporte de nutrientes a tallo, flor y hojas de las plantas de dalia (García, 2006), seguramente producto de la mayor demanda y mayores tasas de desarrollo.

Cuadro 8. Efecto de la micorriza, fertilización química y sustrato en la extracción de nutrientes en hoja, tallo, flor y raíz de plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*) en plena floración.

	Nitrógeno (mg)				Fósforo (mg)				Potasio (mg)			
	Hoja	Tallo	Flor	Raíz	Hoja	Tallo	Flor	Raíz	Hoja	Tallo	Flor	Raíz
Factor (hongo micorrízico arbuscular)												
h0 ¹	195.8b	53.5b	80.1b	91.3a	22.5b	1.7a	5.3b	6.4a	107.8b	41.4b	34.9b	81.3a
h1 ²	365.0a	131.9a	190.5a	45.6a	45.1a	4.3a	16.5a	4.1a	173.9a	126.5a	120.2a	32.1a
Factor (fertilización química)												
f0 ³	287.2a	85.4a	132.4a	56.9a	30.2a	3.1a	11.5a	3.7a	124.4a	76.9a	78.5a	39.6a
f1 ⁴	273.6a	100.0a	138.3a	80.1a	37.4a	2.9a	10.4a	6.8a	157.3a	90.9a	76.7a	73.8a
Factor (sustrato)												
s0 ⁵	247.7a	77.4a	104.6a	71.7a	30.9a	2.9a	9.5a	5.4a	136.4a	82.8a	67.4a	65.8a
s1 ⁶	313.1a	108.0a	166.1a	65.3a	36.6a	3.0a	12.3a	5.1a	145.3a	85.1a	87.7a	47.5a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química; ⁵ s0: sustrato sin esterilizar; ⁶ s1: sustrato esterilizado (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples, elemento mineral y órganos de la planta, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

Es importante destacar el efecto de *Glomus mosseae* en la extracción mineral de las plantas de *Dahlia*, ya que el Cuadro 8 muestra que las plantas inoculadas presentaron el doble de extracción de nitrógeno en hoja, tallo y flor, la extracción de fósforo se incrementó al doble en hoja y tallo, pero en flor fue tres veces mayor por efecto del HMA; para potasio, la extracción fue dos veces mayor en hoja y fue hasta tres veces mayor en flor y tallo de plantas micorrizadas. Alkaraki y Clark (1998), indicaron que la simbiosis micorrízica incrementa en forma marcada la absorción de nutrientes como N, K, Ca, Zn, Mg y especialmente P. Al respecto, Bethlenfalvay y Linderman (1992), indicaron que las raíces de las plantas micorrizadas, presentan un micelio externo que se extiende a mayor distancia que los pelos radicales y, se estima, que por cada centímetro de raíz micorrizada, se puede producir hasta 1 metro de hifas. Este micelio externo, aporta una ventaja muy importante a las plantas, que es la de explorar micro-hábitats del suelo inaccesibles para las raíces (García, 2006).

4.3.6 Extracción total de nutrientes

Con la inoculación de *G. mosseae* se logró la mayor extracción total de nitrógeno, fósforo y potasio (Cuadro 9), con base en lo cual se establece el requerimiento nutrimental de *Dahlia x hybrida* var. Fresco. Kapoor *et al.*, (2008), indicaron que se incrementa la disponibilidad de nutrientes en

plantas micorrizadas, debido a su efecto en la solubilización, absorción y translocación de elementos minerales. A la vez, la extracción y acumulación de nutrientes se incrementa conforme el crecimiento de la plantas es mayor. De hecho, en la presente investigación, se observó que en el periodo de floración, la extracción de NPK se incrementó.

Cuadro 9. Efecto de la micorriza en la extracción total de nutrientes en plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*) en plena floración.

	Nitrógeno total (mg)	Fósforo total (mg)	Potasio total (mg)
	Factor (hongo micorrízico arbuscular)		
h0 ¹	420.74b	35.87b	265.45b
h1 ²	733.14a	70.00a	452.65a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae* (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de elemento mineral, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

Al correlacionar los datos de biomasa total con los de extracción de nutrientes, se observó que los coeficientes de correlación positivos fueron de 0.85** para nitrógeno, 0.86** para fósforo y 0.90** para potasio, por lo tanto, se confirma que hay una relación directa, ya que al aumentar la biomasa total, también se incrementa la extracción de nutrientes N, P, K (Clark y Richardson, 2002).

4.3.7 Periodo de floración, número de botones y flores y grados día desarrollo (GDD)

En el periodo de floración, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, mientras que, el mayor número de botones y flores, se obtuvo con la inoculación de *G. mosseae*, en el primer caso (botones), con fertilización química y, en el segundo caso (flores), sin fertilización química (Cuadro 10). En zinnia (*Zinnia elegans*), gerbera (*Gerbera jamesonii*), cempasúchil (*Tagetes erecta*) y crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) inoculadas con hongos micorrízicos, se incrementó el número de flores (Soroa 2007; Soroa-Bell *et al.*, 2009; Liang-Kung *et al.*, 2010; Vaingankar y Rodrigues, 2012).

El clima constituye uno de los factores más importantes que afecta el crecimiento y desarrollo de los cultivos, ya que las especies responden de manera diferencial a los elementos climáticos, de manera tal, que la producción y los rendimientos son directamente influenciados por ellos (Reddy *et al.*, 1998). En el caso de la *Dahlia*, la floración está promovida con el aumento del fotoperiodo en el verano, en conjunto con la temperatura que es un elemento importante que también conduce el progreso normal del cultivo y determina su rendimiento. Esto nos indica que esta especie

necesita acumular una cierta cantidad de unidades térmicas para que se cumplan las etapas de su desarrollo.

Cuadro 10. Efecto de la micorriza, fertilización química y sus interacciones en el número de botones y de flores, así como en los periodos de floración evaluados en días y en los periodos de crecimiento, floración y senescencia medidos en grados día desarrollo en plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*).

	Periodo de floración (Días)	N° Botones N° Flores		grados día desarrollo (GDD)		
		(Por planta)		Crecimiento	Floración	Senescencia
Factor (hongo micorrízico arbuscular)						
h0 ¹	96.7a	14.9b	8.7b	1015.53a	1414.16a	551.81a
h1 ²	89.1b	28.7a	19.4a	1066.39a	1304.3a	611.08a
Interacción (hongo micorrízico * fertilización química)						
h0f0 ³	100.5a	15.8b	6.2c	982.84a	1468.61a	530.04a
h1f0	88.37a	20.6b	23.6a	1040.06a	1314.90a	626.54a
h0f1 ⁴	92.87a	14.0b	11.3bc	1048.21a	1359.71a	573.57a
h1f1	88.37a	36.8a	15.2b	1092.72a	1293.15a	595.63a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de periodo de floración, número de botones, número de flores y grados día desarrollo, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

Por lo anterior, se calcularon los GDD en el ciclo de vida de la dalia. Durante el desarrollo vegetativo se registraron en promedio 1040.96 GDD, en el periodo de floración se registró un promedio de 1359.09 GDD y, del término de floración a la senescencia, se registraron 581.44 GDD, sin diferencia significativa entre tratamientos e interacciones, implicando que, aunque el periodo de floración es menor en el tratamiento con micorriza, el requerimiento de calor es el mismo (Cuadro 10). En el ciclo de vida de *Dahlia x hybrida* var. Fresco, se registró un total de 2981.49 GDD, de marzo a septiembre de 2014, valor que no coincide con el único registro encontrado sobre acumulación de calor en *Dahlia variabilis*, que fue de 1104.7 unidades térmicas (UT), de junio a octubre del 2009; Arenas (2011), realizó este cálculo considerando la temperatura base de 6 °C.

4.3.8 Porcentaje de colonización micorrízica total y número de esporas

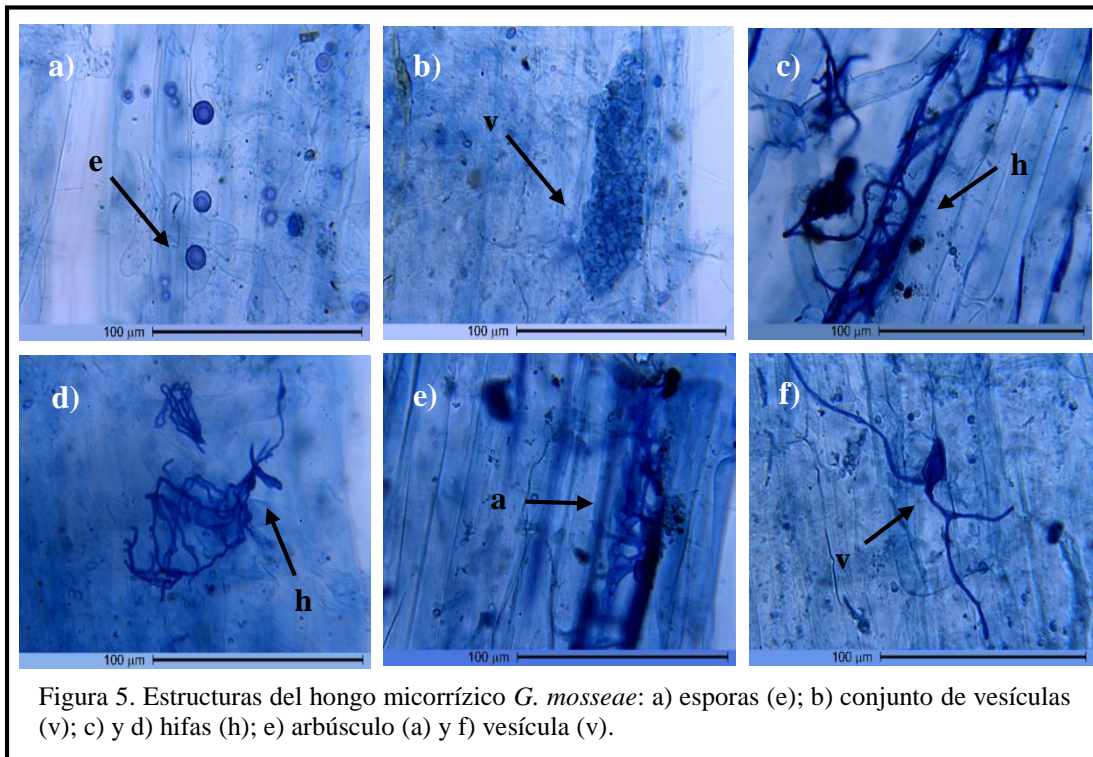
El mayor porcentaje de colonización total con *G. mosseae* fue del 80.31% (Cuadro 11); aunque el porcentaje de colonización varía en función de las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrolló el experimento, del microorganismo empleado y de la especie o variedad vegetal; resultados similares se obtuvieron en *Tagetes erecta* (87.9%) y *Petunia hybrida* (85.5%) (Gaur y Adholeya, 2005). Soroa *et al.*, (2003) y Soroa-Bell *et al.*, (2009), reportan el 58% de colonización micorrízica en gerbera con *G. fasciculatum* y *G. mosseae*, respectivamente. Las estructuras del hongo micorrízico arbuscular *Glomus mosseae* se observan en la Figura 5.

En cuanto al número de esporas, el máximo contabilizado fue de 270 en 100 g de sustrato seco (Cuadro 11), en tanto que por gramo de sustrato, se obtuvieron 2.7 esporas. Hay reportes de *G. hoi* con 10.47 esporas, *G. mosseae like* con 1.76 esporas, *G. intraradices* con 1.08 esporas y *Glomus sp.* con 0.84 esporas por gramo en el sustrato empleado, en gerbera (Soroa-Bell *et al.*, 2009). Cabe mencionar, que en los tratamientos no inoculados, no se encontró presencia de esporas.

Cuadro 11. Efecto de la interacción de micorriza, fertilización química y sustrato en el porcentaje de colonización micorrízica y número de esporas en plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*) en plena floración.

	% Colonización micorrízica				Número de esporas
	Total	Arbúsculos	Vesículas	Hifas	
¹ h0 ³ f0 ⁵ s0	0b	0a	0a	0b	0e
² h1f0s0	68.57a	8.80a	5.07a	53.17a	270.0a
h0 ⁴ f1s0	0b	0a	0a	0b	0e
h1f1s0	79.04a	1.42a	3.01a	27.77ab	254.0b
h0f0 ⁶ s1	0b	0a	0a	0b	0e
h1f0s1	70.47a	1.74a	2.37a	43.01a	183.0c
h0s1s1	0b	0a	0a	0b	0e
h1f1s1	80.31a	3.17a	1.74a	28.24ab	68.0d

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química ⁵ s0: sustrato sin esterilizar; ⁶ s1: sustrato esterilizado (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de interacciones y variables de colonización micorrízica y esporas, Prueba de Tukey p≤0.05) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).



4.4 Efecto de la inoculación de *Glomus mosseae*, aplicación de la fertilización química y sustrato en el tercer muestreo (senescencia de la planta)

El mayor peso seco de la parte aérea, peso fresco del sistema radical y número de tubérculos, se alcanzaron con la inoculación de *G. mosseae* (Cuadro 12). Este muestreo se realizó al término del ciclo de vida de *Dahlia x hybrida* var. Fresco.

Los resultados para *Dahlia x hybrida* var. Fresco, mostraron, de manera general, que los tratamientos inoculados con *Glomus mosseae* superaron a los tratamientos donde se aplicó la fertilización química, en la mayoría de las variables analizadas, atribuyéndose el éxito, a la extensa red de hifas extramatriciales desarrolladas por las micorrizas, que circundan la raíz y actúan como una extensión de la superficie de absorción radical, que suministra una mayor cantidad de nutrimentos a la planta. Los resultados pueden variar en función de la especie vegetal o cultivar, los microorganismos empleados y a las condiciones edafoclimáticas (Soroa *et al.*, 2003).

Cuadro 12. Efecto de la micorriza, en plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*) al término de senescencia de la planta.

	Peso seco parte aérea (g)	Peso fresco raíces (g)	N° de tubérculos
Factor (hongo micorrízico arbuscular)			
h0 ¹	34.06b	67.19b	9.81a
h1 ²	55.18a	130.31a	13.06a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae* (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de peso seco parte aérea, peso fresco de raíces y número de tubérculos, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

4.5 Resultados de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*)

4.5.1 Fenología del desarrollo de las plantas de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*) bajo condiciones de invernadero

Las plantas de *Dahlia variabilis* alcanzaron alturas de 55.9 cm, con hojas simples y tripinnadas de color verde oscuro, tallos glabros de color verde y de flores sencillas de colores firmes (blanco, rojo, amarillo) y bicolors (rojo con blanco, combinación de naranjas y rojos) de variadas formas (Figura 6), raíces tuberosas, con poca formación de semilla y de ciclo anual.

El crecimiento vegetativo se presentó en marzo y abril y, el 22 de mayo brotaron los primeros botones florales y se contaron de 2 a 4 tubérculos por planta. A inicios de junio, se apreciaron las primeras flores, en julio la floración fue plena y se observaron de cuatro a ocho tubérculos por planta. En agosto disminuyó la floración y, el 8 de septiembre, el 50% de las dalias ya se habían marchitado, el 25 de septiembre terminó el ciclo de vida y se contabilizaron 17 tubérculos por planta (Figura 7).

Las condiciones ambientales que prevalecieron en el invernadero fueron de 19.48 °C, 67.38% de HR y de 680 a 764 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiación fotosintéticamente activa (PAR) entre las 12 y 16 h a nivel de la maceta; tanto los valores de temperatura y humedad relativa, como la luminosidad, son valores promedios durante el periodo de estudio; importante indicar, que en las primeras semanas de desarrollo de la planta se requirió agregar malla sombra, toda vez que las plantas estaban observando poco crecimiento, en cuyo caso la PAR se redujo entre 7 y 15% dependiendo de las condiciones de luminosidad del día, que afectan las mediciones de la PAR.

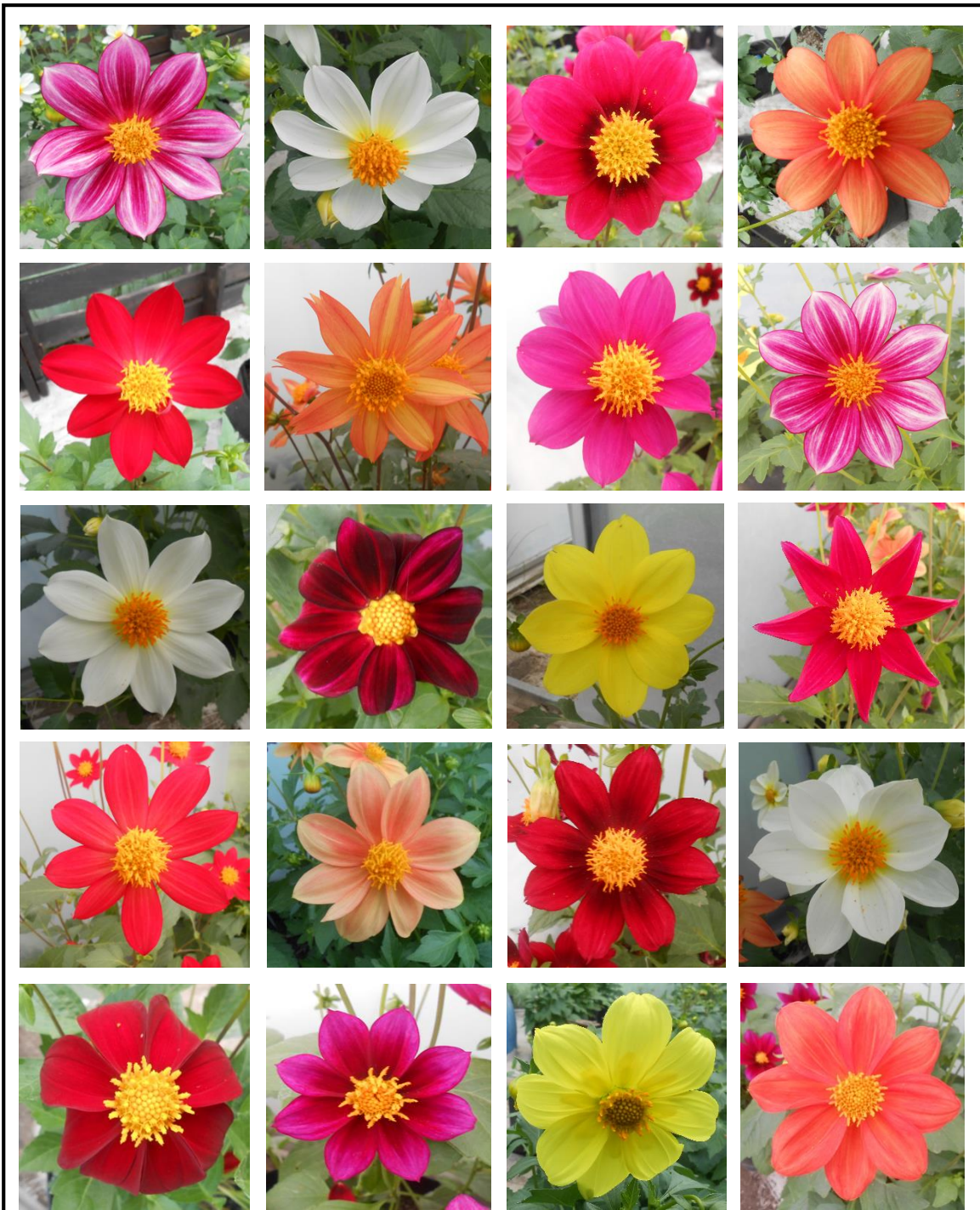
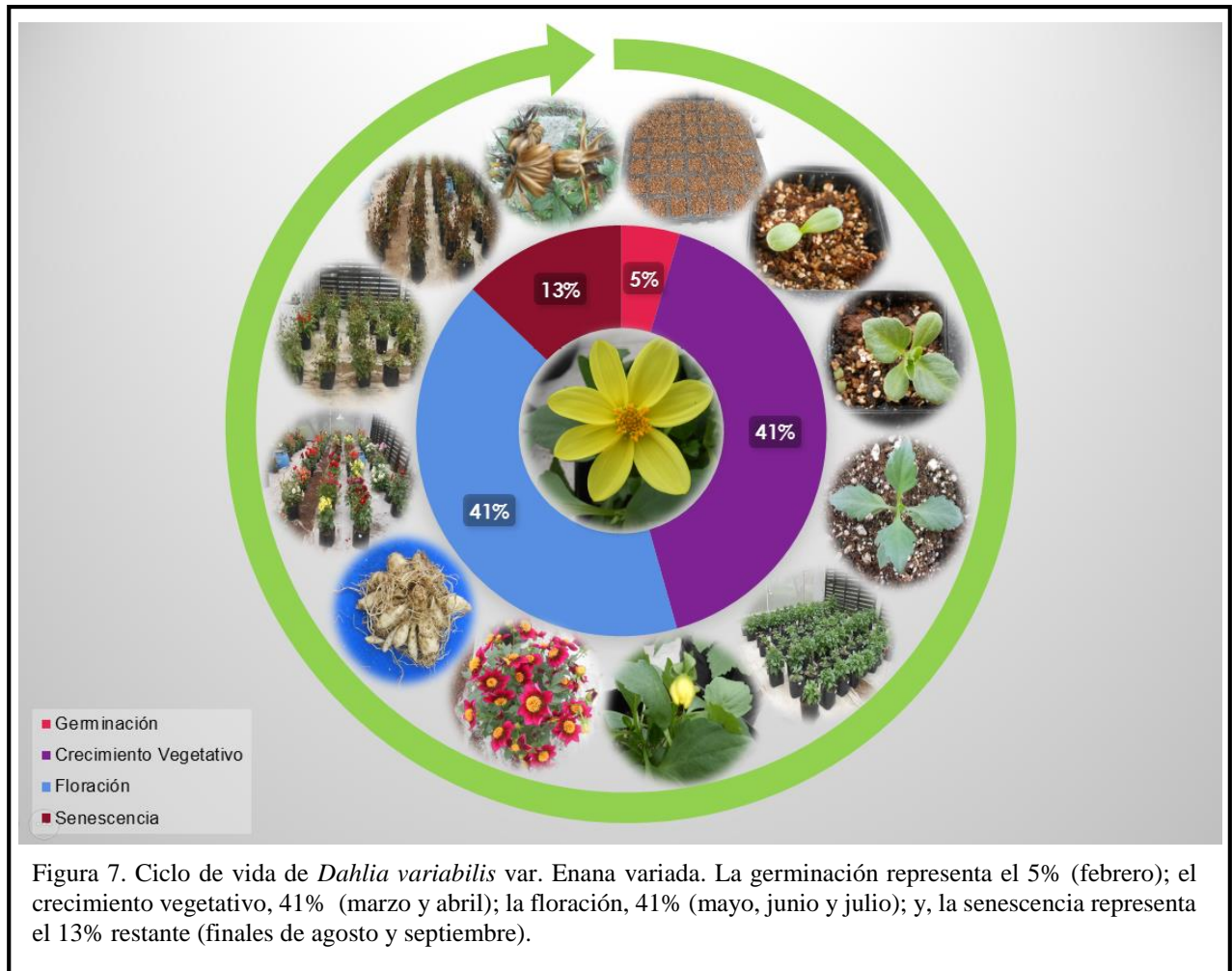


Figura 6. Gama de colores y formas de flores de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*)



4.6 Efecto de la inoculación de *Glomus mosseae*, aplicación de la fertilización química y sustrato en el primer muestreo (término del crecimiento vegetativo e inicio de la floración)

4.6.1 Altura, diámetro de tallo y tasa de crecimiento relativo (TCR)

Las mayores alturas, diámetros de tallo y tasas de crecimiento relativo (TCR) se obtuvieron con la inoculación de *G. mosseae* (Cuadro 13). Con la inoculación de *Glomus mosseae* la altura alcanzó hasta 33.1 cm, en tanto que, con la fertilización química, la altura disminuyó a 16.4 cm y, en la interacción micorriza-fertilización química la altura de la planta fue menor, 14.2 cm. Este comportamiento también se repitió con diámetro de tallo y TCR (Cuadro 13), lo que indica que la biofertilización es mejor que la fertilización química y que, además, la fertilización química afecta negativamente el desarrollo de la simbiosis micorrízica y, como consecuencia, el crecimiento de

la planta. Los resultados obtenidos coinciden con otros estudios en especies ornamentales (Linderman y Davis, 2004; Abdul-Wasea y Elhindi, 2011).

Se ha demostrado que los hongos micorrízicos arbusculares promueven el crecimiento, por ejemplo, en la flor de lili, lo que resulta ser una excelente opción para mejorar la calidad comercial de la flor y también disminuir la aplicación de fertilizantes químicos (Rubí *et al.*, 2012). El hongo micorrízico, coloniza biotróficamente la corteza de la raíz, sin causar daño a la planta, llegando a ser fisiológica y morfológicamente parte de la raíz; el hongo desarrolla un micelio externo que actúa como un sistema radical complementario que le permite absorber mayor cantidad de nutrientes y agua (Jeffries, 2003).

Cuadro 13. Efecto de la micorriza, fertilización química y sus interacciones en la altura, diámetro del tallo y tasa de crecimiento relativo (TCR) de plantas de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*), al término del crecimiento.

	Altura (cm)	Diámetro del tallo (mm)	TCR (mg g ⁻¹ día ⁻¹)
Factor (hongo micorrízico arbuscular)			
h0 ¹	14.9b	7.4b	14.3b
h1 ²	23.6a	7.8a	27.0a
Factor (fertilización química)			
f0 ³	22.1a	7.3a	16.9b
f1 ⁴	16.4b	4.9b	24.4a
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química)			
h0f0	11.2c	4.0c	2.5c
h1f0	33.1a	10.6a	46.3a
h0f1	18.6b	5.7b	26.0b
h1f1	14.2c	4.1bc	7.8c

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples e interacciones, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

Es interesante destacar que en un sistema de manejo intensivo de invernadero y/o vivero, es necesario incorporar sustrato para un mejor crecimiento de la planta y, por supuesto, incorporar

también la tecnología micorrízica, ya que la participación de los HMA induce un mejor crecimiento en general en toda la planta (Cuadro 13).

4.6.2 Biomasa

La mayor acumulación de biomasa seca en hoja, tallo, raíz y total al término de la fase de crecimiento, se obtuvo con la inoculación de *G. mosseae* sin fertilización química (Cuadro 14).

Cuadro 14. Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en el peso seco de hoja, tallo, raíz y total de plantas de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*) al término del crecimiento.

	Hoja (g)	Tallo (g)	Raíz (g)	Total (g)
Factor (hongo micorrízico arbuscular)				
h0 ¹	2.1b	0.6b	1.06a	3.6b
h1 ²	5.9a	1.8a	2.09a	9.7a
Factor (fertilización química)				
f0 ³	5.6a	1.8a	2.3a	9.6a
f1 ⁴	2.3b	0.9b	0.9b	3.8b
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química)				
h0f0	0.7c	0.3c	0.5b	1.3c
h1f0	10.6a	3.3a	4.0a	17.9a
h0f1	3.4b	0.9b	1.6b	5.9b
h1f1	1.2c	0.3c	1.2b	1.6c
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química * sustrato)				
h0f0s0 ⁵	1.0c	0.2d	0.70ab	1.9c
h1f0s0	9.8a	2.9b	4.46a	17.1a
h0f1s0	1.7c	0.4d	1.03ab	3.2bc
h1f1s0	1.3c	0.4d	0.20b	1.8c
h0f0s1 ⁶	0.3c	0.4d	0.31b	0.7c
h1f0s1	11.4a	3.8a	3.56ab	18.7a
h0f1s1	5.2b	1.4c	2.20ab	8.7b
h1f1s1	1.1c	0.3d	0.13b	1.4c

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química; ⁵ s0: sustrato sin esterilizar; ⁶ s1: sustrato esterilizado. (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples e interacciones, Prueba de Tukey p≤0.05) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

Al considerar la interacción micorriza-fertilización química, la mayor acumulación de biomasa total se obtuvo con la inoculación de *Glomus mosseae* 17.9 g, con la fertilización química disminuyó significativamente y, como era de esperarse por el efecto negativo de la fertilización química, la combinación de biofertilización con fertilización química, el peso seco fue aún menor, 1.6 g (Cuadro 14); resultados similares se obtuvieron en *Chrysanthemum morifolium*, *Tagetes erecta* y *Antirrhinum majus* (Sohn *et al.*, 2003; Abdul-Wasea y Elhindi, 2011; Asrar *et al.*, 2012).

Como se mencionó para el caso de los resultados obtenidos en plantas de dalia var. Fresco (*Dahlia x hybrida*), el incremento en biomasa puede ser atribuido a la mayor absorción de fósforo y consumo de agua por parte de las hifas, dado que las hifas tienen acceso a espacios porosos que las raíces y pelos radicales de las raíces no tienen (Gaur y Adholeya, 2005; Koltai, 2010).

4.6.3 Partición de carbohidratos

La distribución relativa de la materia seca en hojas y tallo, fue estadísticamente mayor en plantas inoculadas con *G. mosseae*, aunque en raíz el porcentaje fue significativamente mayor en plantas que no fueron inoculadas con *G. mosseae* (Cuadro 15).

Cuadro 15. Efecto de la micorriza en la distribución de materia seca en los diferentes órganos de las plantas de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*) al término del crecimiento.

	Hoja (%)	Tallo (%)	Raíz (%)
Factor (hongo micorrízico arbuscular)			
h0 ¹	53.8b	13.0b	33.2a
h1 ²	65.5a	18.6a	15.8b

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae* (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples para cada variable, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

Este primer muestreo, al término del crecimiento vegetativo, aunque la tendencia de observar mayor acumulación de biomasa en raíz en plantas sin micorriza, a diferencia de var. Fresco (*Dahlia x hybrida*), en *Dahlia variabilis*, el valor porcentual de materia seca acumulada en raíz no supera a lo acumulado en hoja. Este primer muestreo se realizó cuando terminaba el crecimiento vegetativo e iniciaba la floración, lo que explica la disminución de carbohidratos en la raíz, ya que en este momento la demanda de carbohidratos es requerida en la parte aérea, para el término del

crecimiento vegetativo, formación de botones y posteriormente la floración (Castillo-González *et al.*, 1998; Pérez *et al.*, 2003; Cuadros *et al.*, 2005).

4.7 Efecto de la inoculación de *Glomus mosseae*, aplicación de la fertilización química y sustrato en el segundo muestreo (floración plena)

4.7.1 Altura, diámetro de tallo, tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa unitaria foliar (TUF)

La mayor altura, diámetro de tallo y TCR se alcanzaron con la inoculación de *G. mosseae*, en los resultados de TUF no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 16). Cabe mencionar que en las dos variedades estudiadas de dalia los resultados de TUF fueron variables y se cree que la respuesta está en el genotipo de cada una de las especies de estudio, ya que los factores genéticos pueden influir en la respuesta a la colonización de los HMA. No obstante que ha habido poca investigación que documente la variación que existe entre las especies modificadas genéticamente y su respuesta a la inoculación micorrízica, se puede esperar que los HMA van a responder dependiendo del genotipo de cada planta (Linderman y Davis, 2004).

Al evaluar las interacciones, con la inoculación de *Glomus mosseae* sin fertilización química se obtuvo la mayor altura de planta (64.8 cm) y diámetro de tallo (11.13 mm), en tanto que con la fertilización química ambas variables disminuyeron, la altura fue de 46.1 cm y el diámetro de tallo fue de 8.16 mm. Este segundo muestreo se realizó al momento de floración plena lo que demuestra la eficacia de *Glomus mosseae* en esta etapa fisiológica, para la captación de nutrientes y agua incrementando la altura y diámetro de tallo y superando los resultados de la fertilización química, en la combinación de la fertilización orgánica y química se obtuvo la mayor TCR con 154.9 mg cm⁻² día⁻¹ (Cuadro 16).

Se ha demostrado que la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares promueve una mayor altura en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) (Sohn *et al.*, 2003) y diámetro de tallo en *Tagetes erecta*, *Tagetes patula*, *Tagetes tenuifolia* (Linderman y Davis, 2004) y en *Lilium sp.* (Rubí *et al.*, 2009a; 2009b).

Cuadro 16. Efecto de la micorriza, fertilización química y su interacciones en la altura, diámetro del tallo, tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa unitaria foliar (TUF) de plantas de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*), en plena floración.

	Altura (cm)	Diámetro de tallo (mm)	TCR (mg g ⁻¹ día ⁻¹)	TUF (mg cm ⁻² día ⁻¹)
Factor (hongo micorrízico arbuscular)				
h0 ¹	46.6b	7.7b	98.16a	0.25a
h1 ²	55.9a	11.2a	109.91a	0.22a
Factor (fertilización química)				
f0 ³	56.0a	9.20a	92.4b	0.23a
f1 ⁴	46.5b	9.70a	115.6a	0.23a
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química)				
h0f0	47.2b	7.27b	119.9b	0.36a
h1f0	64.8a	11.13a	64.9c	0.09b
h0f1	46.1b	8.16b	76.4c	0.13b
h1f1	46.9b	11.24a	154.9a	0.34a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples e interacciones, Prueba de Tukey p≤0.05) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

4.7.2 Biomasa

La mayor acumulación de biomasa seca en hoja, tallo, flor, raíz y total se obtuvo con la inoculación de *G. mosseae* (Cuadro 17).

Con la inoculación de *Glomus mosseae* sin fertilización química, se alcanzó la mayor acumulación de biomasa seca total con 66.1 g, en tanto que con la fertilización química disminuyó a 37.0 g. En hoja, tallo, flor y raíz sucedió lo mismo con la inoculación de *Glomus mosseae* se obtuvo mayor acumulación de materia seca y superó en todos los casos a la fertilización química (Cuadro 17). Los resultados coinciden con lo reportado en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*), áster (*Callistephus chinensis*) y en zinnia (*Zinnia elegans*) ya que la biofertilización incrementó la biomasa (Sohn *et al.*, 2003; Gaur y Adholeya, 2005; Liang-Kun *et al.*, 2010). Estos resultados pueden deberse a la mayor absorción de nutrientes minerales y de agua de plantas micorrizadas. La interacción suelo-planta-microorganismo es de suma importancia en el mantenimiento de la calidad del suelo, en particular, la actividad microbiana en la rizósfera, es un factor importante que

determina la disponibilidad de nutrientes para las plantas y tiene una influencia significativa en su salud y productividad (Jeffries, 2003).

Cuadro 17. Efecto de la micorriza, fertilización química y sus interacciones en el peso seco de hoja, tallo, flor, raíz y total de plantas de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*) en plena floración.

	Hoja (g)	Tallo (g)	Flor (g)	Raíz (g)	Total (g)
Factor (hongo micorrízico arbuscular)					
h0 ¹	5.2b	4.0b	3.7b	6.5b	19.4b
h1 ²	15.4a	14.4a	9.4a	11.9a	51.6a
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química)					
h0f0 ³	4.3b	3.1b	2.7c	5.1b	15.2c
h1f0	17.1a	17.1a	12.6a	18.4a	66.1a
h0f1 ⁴	6.1b	4.9b	4.7bc	7.8b	23.5bc
h1f1	13.8a	11.8a	6.2b	5.2b	37.0b

¹h0: sin *Glomus mosseae*; ²h1: con *Glomus mosseae*; ³f0: sin fertilización química; ⁴f1: con fertilización química (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples, interacciones y variables de estudio, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

4.7.3 Partición de carbohidratos

La inoculación de *G. mosseae* incrementó la distribución relativa de materia seca en hoja y tallo, en comparación con el testigo (sin *G. mosseae*); en flor no se encontró diferencia significativa y, en raíz, la mayor acumulación se obtuvo con el testigo (sin *G. mosseae*) (Cuadro 18) similar con lo observado para var. Fresco (*Dahlia x híbrida*).

Este muestreo se realizó en el momento de floración plena y la mayor distribución de carbohidratos se encuentra en la parte aérea (hoja, tallo y flor) debido a que los carbohidratos están siendo utilizados para el mantenimiento de la planta y para la floración, a la par de un porcentaje de la acumulación en raíz en función de la relación que guarda con la parte aérea, que en el caso donde no hay micorriza resulta ser mayor (Castillo-González *et al.*, 1998; Pérez *et al.*, 2003; Cuadros *et al.*, 2005).

Una mayor tasa unitaria foliar (TUF) es producto de una mayor eficiencia fotosintética lo que promueve una mayor acumulación de biomasa y carbohidratos derivados de la fotosíntesis, aunque en este caso el resultado de TUF fue muy variable y no se encontraron diferencias significativas

entre tratamientos (Cuadro 16). A la par, el mayor crecimiento en las plantas de dalia es el resultado de la simbiosis con *G. mosseae* debido al aporte nutrimental y la extensa red de hifas desarrollada por *Glomus mosseae* (Soroa, 2007; Corbera *et al.*, 2008).

Cuadro 18. Efecto de la micorriza en la distribución relativa de materia seca de hoja, tallo, flor y raíz de plantas de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*) en plena floración.

	Hoja (%)	Tallo (%)	Flor (%)	Raíz (%)
Factor (hongo micorrízico arbuscular)				
h0 ¹	28.7b	21.6b	18.90a	30.7a
h1 ²	32.9a	28.7a	18.14a	20.2b

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae* (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples y variables, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

4.7.4 Concentración de nutrientes: Nitrógeno, Fósforo y Potasio

En la concentración de nitrógeno en hoja y tallo, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. En flor la mayor concentración de nitrógeno se obtuvo en la interacción de la inoculación de *Glomus mosseae* con fertilización química y, en raíz, se obtuvo con el testigo (sin *G. mosseae* y sin fertilización química). Es notorio que la concentración de nitrógeno en raíz es más alta en casos de plantas que no están micorrizadas (Cuadro 19).

La inoculación de *G. mosseae* incrementó la concentración de fósforo en tallo, flor y raíz, en hoja no se encontraron diferencias significativas. Se sabe que los HMA facultan a la planta asociada para incrementar la captación de iones, principalmente fosfatos, la cual puede ser seis veces superior a la que conseguirían en su ausencia (Mirabal y Ortega, 2008). El fósforo aportado por el HMA, se utiliza para la formación de raíces, botones florales y flores producidas por la planta. Los resultados que se presentan en el Cuadro 19, indican que en sistema de producción intensivo de *Dahlia* no es necesario fertilizar con NPK, basta con utilizar HMA y mejorar el sustrato.

En el caso de potasio en la mayoría de casos de comparación, no hay diferencias estadísticas, sin embargo cabe resaltar, que al igual que en fósforo, las mayores concentraciones de potasio se observan en flor (Cuadro 19).

Cuadro 19. Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en la concentración de N, P y K en hoja, tallo, flor y raíz de plantas de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*) en plena floración.

	Nitrógeno (mg g ⁻¹)				Potasio (mg g ⁻¹)				Fósforo (mg g ⁻¹)			
	Hoja	Tallo	Flor	Raíz	Hoja	Tallo	Flor	Raíz	Hoja	Tallo	Flor	Raíz
	Factor (hongo micorrízico arbuscular)											
h0 ¹	27.60a	9.63a	25.46a	12.96a	11.55a	11.43a	16.21a	10.07a	1.00a	0.39b	1.7b	0.8b
h1 ²	27.24a	7.25a	23.44a	8.32b	10.45a	9.77a	17.72a	11.47a	0.87a	0.73a	2.2a	1.2a
	Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química)											
h0f0 ³	26.65a	11.18a	27.4a	14.75a	11.36a	10.56a	16.51a	9.81a	1.16a	0.38b	1.9ab	0.8b
h1f0	28.31a	6.18a	17.4b	7.35b	9.64a	10.07a	15.69a	11.82a	0.69a	0.34b	1.9ab	0.9b
h0f1 ⁴	28.55a	8.08a	23.5ab	11.18ab	11.74a	12.31a	15.90a	10.32a	0.84a	0.40b	1.5b	0.7b
h1f1	26.17a	8.32a	29.5a	9.27ab	11.25a	9.48a	19.75a	11.12a	1.05a	1.13a	2.5a	1.4a
	Interacción (hongo micorrízico * sustrato)											
h0s0 ⁵	28.55a	6.89a	24.27a	11.42a	12.31a	11.70a	13.6b	10.73a	1.40a	0.37b	1.56b	0.76b
h1s0	30.22a	7.61a	26.89a	8.56a	9.83a	9.74a	20.8a	11.46a	0.44a	0.33b	2.11ab	1.10a
h0s1 ⁶	26.65a	12.37a	26.89a	14.51a	10.79a	11.17a	18.8ab	9.40a	0.61a	0.41b	1.88ab	0.82b
h1s1	24.27a	6.89a	19.90a	8.08a	11.07a	9.81a	14.7ab	11.48a	1.29a	1.14a	2.35a	1.27a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química; ⁵ s0: sustrato sin esterilizar; ⁶ s1: sustrato esterilizado (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples e interacciones, elemento mineral y órgano de la planta, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

El nivel de concentración de nitrógeno en las hojas de dalia se encontró entre 2.6 a 3.0%, el nivel de concentración de potasio en hojas de dalia se encontró entre 1.0 a 1.16% y en flor se encontró la mayor concentración de potasio con 2.08% en plantas inoculadas con *G. mosseae*. El nivel de concentración de fósforo en hojas de dalia se encontró entre 0.14 a 0.16%; estos niveles son bajos y no entran del rango de suficiencia (P 0.2-0.5%), aunque la inoculación de *G. mosseae* incrementó la concentración de fósforo en tallo, flor y raíz. La concentración de nitrógeno y potasio en las plantas de dalia se encuentra dentro del intervalo de suficiencia (N 2.0-5.0% y K 1.0-5.0%) (Winsor y Adams, 1987; Alcántar y Sandoval, 1999). Se ha demostrado que la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares incrementa la concentración de fósforo y potasio en plantas de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) y geranio (*Pelargonium peltatum*) (Sohn *et al.*, 2003; Perner *et al.*, 2007).

4.7.5. Extracción de nutrientes por órgano

Con la inoculación de *G. mosseae* se alcanzó la mayor extracción de nitrógeno, fósforo y potasio en hoja, tallo, flor y raíz, resultado de esperarse, pues las plantas micorrizadas tuvieron el mayor desarrollo. Estos resultados indican que es indispensable la incorporación de HMA en un programa de producción intensiva de dalia (Cuadro 20).

Cuadro 20. Efecto de la micorriza, fertilización química, sustrato y sus interacciones en la extracción de nutrientes en hoja, tallo, flor y raíz de plantas de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*) en plena floración.

	Nitrógeno (mg)				Fósforo (mg)				Potasio (mg)			
	Hoja	Tallo	Flor	Raíz	Hoja	Tallo	Flor	Raíz	Hoja	Tallo	Flor	Raíz
Factor (hongo micorrízico arbuscular)												
h0 ¹	144b	36.3b	90.9b	74.3a	5.1b	1.6b	5.9b	4.6b	57.5b	45.8b	60.1b	65.5b
h1 ²	441a	95.0a	205.8a	89.7a	13.1a	9.1a	20.1a	12.3a	160.7a	144.9a	165a	139a
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química)												
h0f0 ³	118.5c	31.89b	69.35b	65.9a	5.5a	1.2b	4.7c	4.2b	45.8d	32.0c	46.2c	56.4b
h1f0	519.2a	94.9a	217.5a	133.2a	12.2a	6.2ab	24.5a	17.3a	172a	174a	198a	221a
h0f1 ⁴	170.2bc	40.6b	112.5ab	82.7a	4.8a	2.0b	7.0bc	5.1b	69.1c	59bc	74bc	74.6b
h1f1	362.4ab	95.2a	194.1ab	46.3a	14.0a	12.1a	15.8ab	7.3b	149b	115ab	131ab	56.4b
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * sustrato)												
h0s0 ⁵	157.1b	28.7b	106.7b	94.5a	7.7b	1.7b	6.9b	6.5b	68.1b	53.2ab	55.7b	91.9ab
h1s0	518.5a	103.3a	274.8a	89.3a	6.7b	4.1b	22.7a	14.5a	156a	161.8a	209a	168.1a
h0s1 ⁶	131.5b	43.8b	75.1b	54.1a	2.5b	1.5b	4.9b	2.7b	46.8c	38.6c	64.5b	39.1b
h1s1	363.0ab	86.8a	136.8b	90.3a	19.5a	13.5a	17.5a	10.1ab	165a	128.2ab	120b	109.9ab

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química; ⁵ s0: sustrato sin esterilizar; ⁶ s1: sustrato esterilizado (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efectos simples e interacciones, elemento mineral y órgano de la planta, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

Con la inoculación de *Glomus mosseae* la extracción de nitrógeno se cuadruplicó en hoja, se triplicó en tallo y flor, mientras que en raíz se duplicó, aunque, en este último caso, sin diferencia estadística. La extracción de fósforo en hoja se triplicó y en tallo, flor y raíz se duplicó. En potasio la extracción se duplicó en hoja y flor, mientras que en tallo y raíz se triplicó, en todos los casos se superó a la fertilización química. Con los resultados obtenidos se demuestra la eficacia de *Glomus mosseae* con el cual se mejoró en todos los casos la extracción de nutrientes. Estos beneficios se asocian a un mayor sistema radical, dado por las hifas micorrízicas, pues, así se

explora mayor volumen de suelo y se obtienen los nutrientes de las fuentes menos solubles y por tanto se tiene mayor absorción de estos (Sohn *et al.*, 2003; Perner *et al.*, 2007).

4.7.6 Extracción total de nutrientes

La mayor extracción de nutrientes o requerimiento nutrimental (N, P, K) se obtuvo con la inoculación de *G. mosseae* (Cuadro 21). El requerimiento de nitrógeno y potasio es mayor en *Dahlia variabilis*, aunque menor en fósforo, respecto al requerimiento de *Dahlia x hibrida* var. Fresco.

Cuadro 21. Efecto de la micorriza en la extracción total de nutrientes en plantas de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*) en plena floración.

	Nitrógeno (mg)	Fósforo (mg)	Potasio (mg)
Factor (hongo micorrízico arbuscular)			
h0 ¹	345.8b	16.86b	234.30b
h1 ²	1106.5a	54.69a	609.72a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae* (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de elemento mineral, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

Al correlacionar los datos de biomasa total con los de extracción de nutrientes, se observó que los coeficientes de correlación positivos fueron de 0.73** para nitrógeno, 0.81** para fósforo y 0.98** para potasio. Clark y Richardson (2002), mencionan que al aumentar la biomasa total también se incrementa la extracción de nutrientes N, P, K, originando en consecuencia, una relación directa y positiva.

4.7.7 Periodo de floración, número de botones y flores y grados día desarrollo (GDD)

La inoculación de *Glomus mosseae* no incrementó el periodo de floración en comparación con el testigo. El mayor número de flores se obtuvo con la inoculación de *G. mosseae* sin fertilización química y el mayor número de botones con *G. mosseae* y fertilización química (Cuadro 22). En otros estudios se ha demostrado que la inoculación de HMA promueve un mayor periodo de floración y número de flores por planta (Gaur y Adholeya, 2005; Perner *et al.*, 2007; Liang-Kung *et al.*, 2010), resultado de la eficacia en el uso del agua y mayor absorción de nutrientes (Sohn *et al.*, 2003; Guadarrama, 2004). En este caso la biofertilización no incrementó el periodo de floración, pero si el número de botones y flores.

Cuadro 22. Efecto de la micorriza, fertilización química y sus interacciones en el número de botones y número de flores, así como en los periodos de floración evaluados en días y en los periodos de crecimiento, floración y senescencia medidos en grados día desarrollo (GDD) en plantas de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*).

	Periodo de floración (Días)	Nº Flores		grados día desarrollo (GDD)		
		(por planta)	Nº Botones	Crecimiento	Floración	Senescencia
Factor (hongo micorrízico arbuscular)						
h0 ¹	101a	9.2b	15.5b	1116.00a	1469.98a	345.51b
h1 ²	89b	20.2a	41.3a	1153.23a	1216.18b	612.53a
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química)						
h0f0 ³	104.50a	5.8b	17.5b	1189.06a	1516.70a	275.74b
h1f0	81.25b	33.2a	26.8b	1130.57a	1180.37c	670.55a
h0f1 ⁴	99.25a	12.6b	13.5b	1142.95a	1423.26ab	415.28ab
h1f1	98.37ab	7.3b	55.8a	1175.89a	1251.99bc	554.50a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efecto simple e interacciones, para las variables periodo de floración, número de botones, número de flores y grados día desarrollo, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

En cefirante (*Zephyranthes candida* y *Z. robusta*), cempaxúchitl (*Tagetes erecta*), alcatraz (*Zantedeschia* var. Majestic Red) y nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) la inoculación de HMA no incrementó el periodo de floración, al contrario disminuyó y retraso la floración (Scagel, 2003; Gaur y Adholeya, 2005; Scagel y Schreiner; 2006; Callejas-Ruíz *et al.*, 2009). Las respuestas son específicas, resultado de las interacciones entre los HMA y los rasgos de cada cultivar, medio ambiente, aspectos de nutrición, edáficas y hormonas vegetales (Scagel, 2001; Garmendia y Mangas, 2012).

En general, la información sobre la influencia de los HMA en las plantas ornamentales es limitada y aún hay muchos aspectos a nivel fisiológico que no se logran entender. Aún quedan incógnitas y muchos campos de estudio que apenas comienzan a explorarse. Pero es claro que esta asociación es benéfica para las especies ornamentales en aspectos de gran importancia para su producción que son calidad en la floración y por tanto, la disminución en el uso de fertilizantes químicos, los cuales son ampliamente utilizados para su producción (Soroa *et al.*, 2003). En el caso de la *Dahlia*, la floración está promovida por el fotoperiodo largo (verano) y por tanto la temperatura es un factor importante que conduce el progreso normal del cultivo y determina su rendimiento. Esto nos indica

que esta especie necesita acumular una cierta cantidad de unidades térmicas para que se cumplan las etapas de su desarrollo.

Se calcularon los GDD en el ciclo de vida de la dalia. En el desarrollo vegetativo se registraron en promedio 1159.61 GDD, sin diferencia significativa entre tratamientos o interacciones; en el periodo de floración se registró un promedio de 1343.08 GDD, con diferencia significativa, en todos aquellos casos donde hay micorriza el requerimiento de calor fue menor y, del término de floración a la senescencia se registraron 479.01 GDD, donde también hubo diferencias estadísticas, sin embargo en este caso la tendencia se invirtió, los resultados donde hay micorriza el requerimiento de calor fue mayor (Cuadro 22). En el ciclo de vida de *Dahlia variabilis*, se registró un total de 2981.50 GDD, de marzo a septiembre de 2014, valor que no coincide con el único registro encontrado sobre acumulación de calor en *Dahlia variabilis*, que fue de 1104.7 unidades térmicas (UT), de junio a octubre del 2009; Arenas (2011), realizó este cálculo considerando la temperatura base de 6 °C.

4.7.8 Porcentaje de colonización micorrízica total y número de esporas

El mayor porcentaje de colonización micorrízica con *Glomus mosseae* fue de 89.36%, pero cuando interacciono con la dosis de fertilización 11-7-7, disminuyó el porcentaje de colonización total, arbusculos e hifas. En otros estudios realizados en especies ornamentales también se ha demostrado que la fertilización química disminuye el porcentaje de colonización micorrízica (Pedraza-Santos *et al.*, 2001; Rubí *et al.*, 2009; Rubí *et al.*, 2012). En este caso la esterilización del sustrato no influyó en el porcentaje de colonización micorrízica en las plantas de dalia, lo cual concuerda con lo reportado en *Zephyranthes spp* (Scagel, 2003). Estudios con otras plantas, sustratos y climas se reportan porcentajes de colonización del 58% (Soroa *et al.*, 2003; Soroa-Bell *et al.*, 2009), del 34 al 46% (Sohn *et al.*, 2003), del 4 al 70% (Linderman y Davis, 2004) y 70% (Liang-Kung *et al.*, 2010).

El mayor número de esporas en dalia fue de 296 en 100 g de sustrato seco (Cuadro 23), 2.96 esporas por g de sustrato y correspondió a la interacción h1f0s1, es decir, se presentó un efecto positivo en la producción de esporas al interaccionar el HMA con el sustrato. En otras investigaciones se ha demostrado que un suelo esterilizado es mejor para el desarrollo de los HMA (Khalil *et al.*, 2001). Hay reportes de *Glomus hoi* like (10.47), *G. mosseae* like (1.76), *G.*

intraradices (1.08), *Glomus sp.* (0.84) y *Scutellospora sp.* (1.27) esporas por g de sustrato (Soroa-Bell *et al.*, 2009). En la figura 8 se observan las estructuras micorrízicas de *G. mosseae*.

Cuadro 23. Efecto de la interacción de micorriza, fertilización química y sustrato en el porcentaje de colonización micorrízica y número de esporas en plantas de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*) en plena floración.

	% Colonización micorrízica				Número de esporas
	Total	Arbúsculos	Vesículas	Hifas	
h0 ¹ f0 ³ s0 ⁵	0d	0a	0b	0c	0e
h1 ² f0s0	89.36a	5.55a	1.58b	79.52a	186.0c
h0f1s0	0d	0a	0b	0c	0e
h1f1 ⁴ s0	70.31bc	1.26a	21.74a	23.01bc	103.0d
h0f0s1 ⁶	0d	0a	0b	0c	0e
h1f0s1	87.61ab	7.14a	3.8ab	72.85a	296.0a
h0f1s1	0d	0a	0b	0c	0e
h1f1s1	69.20c	0.15a	2.25b	41.58b	233.0b

¹h0: sin *Glomus mosseae*; ²h1: con *Glomus mosseae*; ³f0: sin fertilización química; ⁴f1: con fertilización química; ⁵s0: sustrato sin esterilizar; ⁶s1: sustrato esterilizado (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de la interacción y variables de colonización micorrízica y esporas, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

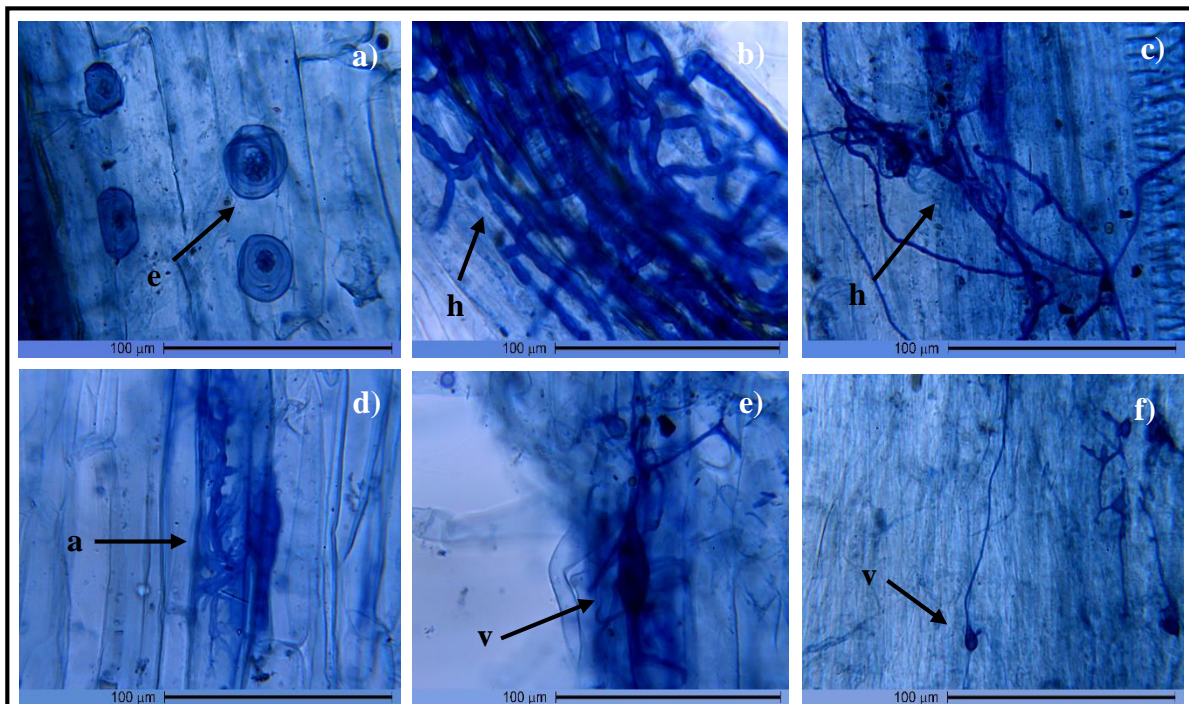


Figura 8. Estructuras del hongo micorrízico *G. mosseae*: a) esporas (e) y vesículas; b) y c) hifas (h); d) arbusculo (a); e) y f) vesículas (v).

4.8 Efecto de la inoculación de *Glomus mosseae*, aplicación de la fertilización química y sustrato en el tercer muestreo (senescencia de la planta)

Este muestreo se realizó al final del ciclo de vida *Dahlia variabilis*. Su ciclo de vida fue de 206 días desde la emergencia de la plántula a la senescencia, durante el periodo de marzo a septiembre de 2014. El mayor peso seco de la parte aérea, peso fresco del sistema radical y número de tubérculos se obtuvo con la inoculación de *G. mosseae* (Cuadro 24). Los hongos micorrízicos promueven mayor acumulación de peso fresco y seco en la parte aérea y en la raíz (Sohn *et al.*, 2003; Gaur y Adholeya, 2005; Pedraza-Santos *et al.*, 2005; Liang-Kung *et al.*, 2010). Para *Dahlia variabilis*, los resultados mostraron, de manera general, que la inoculación de *Glomus mosseae* supera a la fertilización química.

Cuadro 24. Efecto de la micorriza, fertilización química y sus interacciones en plantas de dalia var. Enana variada (*Dahlia variabilis*) al término de senescencia de la planta.

	Peso seco parte aérea (g)	Peso fresco raíces (g)	Número de tubérculos
Factor (hongo micorrízico)			
h0 ¹	50.0b	149.7b	12.0b
h1 ²	91.2a	327.8a	17.6a
Interacción (hongo micorrízico arbuscular * fertilización química)			
h0f0 ³	56.8b	108.0c	10.62a
h1f0	56.8b	355.0a	17.25a
h0f1 ⁴	43.1b	190.0bc	13.37a
h1f1	125.0a	300.0ab	18.00a

¹ h0: sin *Glomus mosseae*; ² h1: con *Glomus mosseae*; ³ f0: sin fertilización química; ⁴ f1: con fertilización química (Medias con letras distintas indican diferencia estadística dentro de efecto simple e interacción, peso seco parte aérea, peso fresco de raíces y número de tubérculos, Prueba de Tukey $p \leq 0.05$) (Solamente se presentan aquellos resultados donde se encontraron diferencias estadísticas).

A la fecha no se encontró una investigación sobre la producción de dalia con hongos micorrízicos arbusculares, pero si un trabajo con bacterias promotoras del crecimiento vegetal en combinación de fertilización química, con lo cual se incrementaron las características vegetativas y la producción floral en *Dahlia variabilis* Desf. cv. Pink Attraction (Sheergojri *et al.*, 2013).

La inoculación de *G. mosseae* es una alternativa nutricional que no daña al medio ambiente. Finalmente los resultados obtenidos se pueden atribuir a la red de hifas desarrollada por el hongo

micorrízico, ya que las hifas que circundan la raíz actúan como una extensión del sistema radical suministrando una mayor cantidad de nutrientes a la planta (Jeffries, 2003) y una mejor nutrición estimula cambios metabólicos en la fisiología de la planta (Soroa *et al.*, 2003), estos cambios se traducen en un mayor crecimiento y desarrollo vegetativo y reproductivo en las especies vegetales.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES

- 1) En ambas variedades de dalia, con la inoculación de *Glomus mosseae*, se obtuvo un mayor crecimiento vegetativo en altura, diámetro de tallo, tasa de crecimiento relativo, biomasa seca total y número de tubérculos por planta.
- 2) La acumulación de biomasa fue mayor en las plantas micorrizadas que tuvieron más desarrollo, aunque, en el caso de biomasa en raíces, es proporcionalmente mayor en plantas sin micorrizas.
- 3) Con la biofertilización se incrementó el crecimiento reproductivo de las dos variedades de dalia estudiadas (número de botones florales y número de flores por planta), aunque, con la biofertilización, el periodo de floración en días disminuyó. Los grados día desarrollo acumulados durante el periodo floración de la variedad Fresco no fue diferente entre tratamientos, asumiéndose con ello, que la necesidad de calor del proceso (constante térmica) es el mismo, independiente del tratamiento; sin embargo, en el caso de la variedad Enana variada, si hubieron diferencias, por lo que es necesario posterior estudio al respecto.
- 4) Se establecieron los grados día desarrollo para las diferentes fases fenológicas durante el ciclo de vida de ambas variedades de dalia, bajo las condiciones ambientales en las que se desarrolló el experimento.
- 5) En cuanto a la nutrición mineral de las dos variedades de dalia, la inoculación de *G. mosseae* incrementó la concentración de fósforo en flor y en raíz de *Dahlia x hybrida* var. Fresco y la concentración de potasio en flor y de fósforo en tallo, flor y en raíz de *Dahlia variabilis*. En ambas variedades de dalia, con la inoculación de *Glomus mosseae* se obtuvo la mayor extracción de N, P, K y se pudo establecer su requerimiento nutrimental, altamente correlacionados con el desarrollo de la planta que marca la demanda.
- 6) Se cuantificó el porcentaje de colonización micorrízica y el número de esporas de *Glomus mosseae* en ambas variedades de dalia, bajo las condiciones ambientales en las que se desarrolló el experimento, lográndose los mayores valores de colonización y número de esporas en aquellos tratamientos con inoculación de micorrizas, sin fertilización química.
- 7) Con la biofertilización se produjeron plantas de *Dahlia x hybrida* var. Fresco y *Dahlia variabilis* var. Enana variada de mayor calidad morfológica, reflejo del buen

funcionamiento fisiológico, como resultado de la simbiosis micorrízica, por lo cual se recomienda el uso del biofertilizante en la producción de dalia.

Es necesario recomendar que en sistemas de manejo intensivo en invernadero y vivero, debe utilizarse sustrato con buen nivel de fertilidad para un mejor crecimiento de la planta, a la par de incorporar la tecnología micorrízica, ya que la participación de los HMA induce y asegura un mejor crecimiento en general en toda la planta. La inoculación de hongos micorrízicos representa una alternativa de ‘fertilización’ para el desarrollo del cultivo, sin grandes costos económicos ni ambientales

LITERATURA CITADA

- Abdul-Wasea, A. and K. M. Elhindi. 2011. Alleviation of drought stress of Marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi Journal of Biological Sciences 18, 93-98.
- Acosta-Durán, C.; D. Acosta-Peñalosa; M. Nava-Gómez; M. Andrade-Rodríguez; I. Alia-Tejal y G. Villegas-Torres. 2007. Efecto del tipo de sustrato en el crecimiento inicial de plantas ornamentales en contenedor. Investigación Agropecuaria 4, 1-8.
- Ahmed, M.; M. Fareed; A. Hamid and A. Hussain. 2004. Effect of Urea, DAP and FYM on Growth and Flowering of Dahlia (*Dahlia variabilis*). International Journal of agriculture & biology 2, 393-395.
- Alcántar, G. y M. Sandoval. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal: guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial 10. Sociedad mexicana de la ciencia del suelo. Chapingo, México. p. 105.
- Alkaraki, G. M. and R. B. Clark. 1998. Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. Journal of plant nutrition 21 (2), 263-276.
- Arenas, J.; R. Delgado-Martínez; E. J. Morales-Rosales; A. Laguna-Cerda; O. Franco-Mora; E. Urbina Sánchez. 2011. Rendimiento de raíces tuberosas de *Dahlia variabilis* Wild (Desf.) bajo diferentes prácticas de manejo agronómico. Revista Internacional de Botánica Experimental. p. 107-112.
- Asrar, A. A.; G. M. Abdel-Fattah and K. M. Elhindi. 2012. Improving growth, flower yield, and water relations of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) plants grown under well-watered and water-stress conditions using arbuscular mycorrhizal fungi. Photosynthetica 50 (2), 305-316.
- Bethlenfalvay, G. and R. F. Linderman. 1992. Mycorrhizae in sustainable agriculture. Madison, U.S.A. p. 45-70.
- Bhattacharjee, S. K. and T. Mukherjee. 1983. Influence of nitrogen and phosphorus on growth and flowering of *Dahlia*. Punjab Horticultural Journal 23,111-115.
- Callejas-Ruíz, B. A.; A. M. Castillo-González; M. T. Colinas-León; M. del C. González-Chávez; J. Pineda-Pineda y L. A. Valdez-Aguilar. 2009. Sustratos y hongos micorrízicos arbusculares en la producción de nochebuena. Revista Chapingo Serie de Horticultura 15 (1), 57-66.
- Carrera, R. 2006. Biotecnología en la industria de flores de corte. Claridades agropecuarias 154, 39-42.
- Castillo, L. 2007. Introducción al SAS® para windows. Tercera edición. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México. p. 295.
- Castillo-González, A. M.; M. T. Colinas-León; M. L. Ortega-Delgado; A. Martínez-Garza y E. Avitia-García. 1998. Variación estacional de carbohidratos en hojas e inflorescencias de aguacatero (*Persea americana* Mill.). Revista Chapingo Serie Horticultura 4 (1), 13-18.

- Clark, C. J., and A. C. Richardson. 2002. Biomass and mineral nutrient partitioning in a developing tamarillo (*Cyphomandra betacea*) crop. *Scientia Horticulturae* 94, 41-51.
- Coombs, J.; D. O. Hall; S. P. Long y J. M. Scurlock. 1988. Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. Ed. Futura. Chapingo, Estado de México. p. 258.
- Corbera, J.; C. Morales; V. M. Paneque y J. M. Calaña. 2008. Evaluación de sustratos y aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo de *Anthurium andreanum* en etapa de vivero. *Cultivos Tropicales* 29 (4), 27-33.
- Cornejo-Miranda, R.; L. E. Garza-Bueno; E. M. Zapata-Martelo; J. A. García-Salazar y B. Cruz-Galindo. 2013. La microempresa florícola frente a los retos de la competitividad. *Agroproductividad* 6 (3), 9-14.
- Cuadros, G.; R. Gómez y N. Rodríguez. 2011. Asociación simbiótica entre hongos micorrízicos arbusculares y el sistema radicular de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.): efecto de la formononetina y la disponibilidad de fósforo en el suelo. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 12 (1), 77-85.
- Ferrera, R. 1993. Manual de agromicrobiología. Ed. Trillas. México. p. 144.
- Fuentes-Dávila, G. y R. Ferrera-Cerrato. 2007. Ecología de la raíz. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Segunda Edición. México. p. 151.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Offset Larios S. A. México, D.F. p. 217.
- García, R. S. 2006. Efecto de las micorrizas arbusculares sobre la relación de genes implicados en el metabolismo carboado en plantas de tomate (*Solanum esculentum*). Tesis Doctoral. Universidad de Granada, España. p. 246.
- Garmendia, I. and V. J Manga. 2012. Application of arbuscular mycorrhizal fungi on the production of cut flower roses under commercial-like conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 10 (1), 166-174.
- Garzón, C.; J. M. Mejía; R. Trejo; F. Gómez; A. Espinosa y C. Sánchez. 2009. Fenología de *Dalia Campanulata* (*Dahlia campanulata* Saar.): Nueva especie para la horticultura ornamental. *Chapingo Serie Zonas Áridas* 8, 18-24.
- Gaur, A. and A. Adholeya. 2005. Diverse Response of Five Ornamental Plant Species to Mixed Indigenous and Single Isolate Arbuscular- Mycorrhizal Inocula in Marginal Soil Amended with Organic Matter. *Journal of Plant Nutrition* 28,707-723.
- Gomora, J. A; J. C. Sánchez; V. F. Pacheco; T. B. Pavón; S. Adame y B. Barrientos. 2005. Integración de indicadores de desempeño ambiental para la producción florícola. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México p. 10.
- Guadarrama, P. y I. Sánchez. 2004. Hongos y plantas beneficios a diferentes escalas en micorrizas arbusculares. *Ciencias* 73, 38-45.

- Jeffries, P.; S. Gianinazzi; S. Perotto; K. Turnau and J. Barea. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils* 37, 1-16.
- Jones, J.; B. Wolf. and H. Mills. 1991. *Plant analysis handbook: A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Micro-Macro Publishing, Inc. p. 213.
- Kappor, R.; Sharma, D.; Bhatnagar, A. K. 2008. Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications. *Scientia Horticulturae* 116, 227-239.
- Khalil, A.; V. M. Cetina; R. Ferrera-Cerrato; J. Velásquez; C. A. Pérez y M. Larqué. 2001. Hongos micorrízicos arbusculares como componente de control biológico de la pudrición causada por *Fusarium sp.* en gladiola. *Terra* 19, 259-264.
- Kiran, M.; J. U. D. Baloch; K. Waseem; M. S. Jilani and M. Q. Khan. 2007. Effect of different growing media on the growth and development of dalia (*Dahlia pinnata*) under the Agro-Climatic condition of Dera Ismail Khon. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10 (22), 4140-4143.
- Kock, K. E. 1996. Carbohydrate-modulated gene expression in plants. *Annual Review of Plant Physiology* 47, 509-540.
- Koltai, H. 2010. Mycorrhiza in floriculture: difficulties and opportunities. *Symbiosis* 52, 55-63.
- Liang-Kun, L.; Q. Yao; H. Yong-Heng; Y. Rui-Heng; J. Guo and Hong-Hui Z. 2010. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on zinnia and the different colonization between *Gigaspora* and *Glomus*. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 26, 1527-1531.
- Linderman, R. and E. Davis. 2004. Varied response of marigold (*Tagetes spp.*) genotypes to inoculation with different arbuscular mycorrhizal fungi. *Scientia Horticulturae* 99, 67-78.
- Meir, D.; S. Pivonia; R. Levita; I. Dori; L. Ganot; S. Meir; S. Salim; N. Resnick; S. Wininger; E. Shlomo and H. Koltai. 2010. Application of mycorrhizae to ornamental horticultural crops: lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) as a test case. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8 (S1), S5-S10.
- Mejía, J. M.; A. Espinosa; L. M. Mera; A. Laguna; R. Boettler y G. Treviño. 2007. Propagación de dalias en México. *Publicación de difusión # 2*. Tlalnepantla, Estado de México. p. 34.
- Mejía, J. y A. Espinosa. 2003. Plantas nativas de México con potencial ornamental: Análisis y perspectivas. UACH. Universidad Autónoma de Chapingo, México. p. 217.
- Mera, L. M.; J. M. Mejía; R. Bye; A. Laguna; A. Espinosa y G. Treviño. 2008. Diversidad de dalias cultivadas. *Publicación de difusión #3*. Tlalnepantla, Estado de México. p. 49.
- Mirabal, L. y E. Ortega. 2008. Comunidad microbiana asociada a los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA). *Cultivos Tropicales* 29 (4), 13-20.
- Mohr, H. and P. Schopfer. 1995. *Plant physiology*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. p. 629.

- Morales, C.; J. M. Calaña; J. Corbera y R. Rivera. 2010. Evaluación de sustratos y aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en begonia sp. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), 59-68.
- Mosse, B. and J. M. Phillips. 1971. Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza. *Journal of General Microbiology* 69, 157-166.
- Ochoa, R. y C. Ortega. 2006. La floricultura mexicana, el gigante que está despertando. *Claridades agropecuarias* 154, 1-38.
- Orozco, M. E. y M. Mendoza. 2003. Competitividad local de la agricultura ornamental en México. *Ciencia Ergo Sum* 10 (1), 29-42.
- Pedraza-Santos, M.; D. Jaén-Contreras; A. Gutiérrez-Espinosa; T. Colinas-León and C. López-Peralta. 2001. Growth and nutrition of gerbera microplants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. *Agrociencia* 35, 149-158.
- Pérez, M. A.; J. M. Hermoso; J.M. Farré. 2003. Aspectos energéticos de la floración y productividad del aguacate Hass. *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)*. Málaga, España. p. 305-310.
- Perner, H.; D. Schwarz; C. Bruns; P. Mäder and E. George. 2007. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization and two levels of compost supply on nutrient uptake and flowering of pelargonium plants. *Mycorrhiza* 17, 469-474.
- Prado, A.; S. Evangelista; J. Souza; J. Matos; M. Souza; D. Oliveira and C. Airoidi. 2011. Effect of the irrigation with residual wastewaters on microbial soil activity of the ornamental flowers (*Dahlia pinnata*) cultures monitored by isothermal calorimetry. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 106, 431-436.
- Reddy, A. R.; K. R. Reddy and H. F. Hodges. 1998. Interactive effects of elevated carbon dioxide and growth temperature on photosynthesis in common leaves. *Plant Growth Regulation* 22, 1-8.
- Rubí, M.; A. González; A. M. Castillo; V. Olalde; B. G. Reyes y L. I. Aguilera. 2009a. Respuesta de *Lilium sp.* al fósforo y su relación con *Glomus fasciculatum* y *Bacillus subtilis*. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 78, 91-100.
- Rubí, M.; A. González; V. Olalde; B. G. Reyes; A.M. Castillo; D. J. Pérez y L. Aguilera. 2012. Interrelación entre fósforo, *Bacillus subtilis* y *Glomus fasciculatum* con la calidad en *Lilium*. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 81; 59-68.
- Rubí, M.; V. Olalde; B. G. Reyes; A. González y L. I. Aguilera. 2009b. Influencia de *Glomus fasciculatum* en el crecimiento y desarrollo de *Lilium sp.* cv orange pixie. *Agricultura Técnica en México* 35(2), 201-210.
- Sato, A. Y.; D. C. Nannetti; J. E. B. P. Pinto; J.O. Siqueira; M. F. A. Blank. 1999. Fungos micorrízicos-arbusculares no desenvolvimento de mudas de helicônia e gerbera micropropagadas. *Horticultura Brasileira*, Brasília 17(1), 25-28.

- Scagel, C. F. 2001. Cultivar Specific Effects of Mycorrhizal Fungi on the Rooting of Miniature Rose Cuttings. *Journal of Environmental Horticulture* 19 (1),15-20.
- Scagel, C. F. 2003a. Soil pasteurization and inoculation with *Glomus intraradices* alters flower production and bulb composition of *Zephyranthes* spp. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 78 (6), 798-812.
- Scagel, C. F. 2003b. Inoculation with arbuscular mycorrhizal Fungi alters nutrient allocation and flowering of *Freesia x hybrida*. *Journal of Environmental Horticulture* 21 (4), 196-205.
- Scagel, C. F. 2004a. Changes in cutting composition during early stages of adventitious rooting of miniature rose altered by inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129 (5), 624-634.
- Scagel, C. F. 2004b. Soil Pasteurization and mycorrhizal inoculation alter flower production and corm composition of *Brodiaea laxa* “Queen Fabiola”. *HortScience* 39 (6), 1432-2437.
- Scagel, C. F. and R. P. Schreiner. 2006. Phosphorus supply alters tuber composition, flower production, and mycorrhizal responsiveness of container-grown hybrid *Zantedeschia*. *Plant and Soil* 283, 323-337.
- Schenck, N. C. and Y. Pérez. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Tercera edición. Synergistic Publications. Gainesville, Florida, U.S.A. p. 285.
- Seddas, P.; V. Gianinazzi-Pearson; B. Schoefs; H. Küster and D. Wipf. 2009. Communication and Signaling in the Plant–Fungus Symbiosis: The Mycorrhiza. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 45-75 p.
- Sheergojri, G.; Z. A. Rather; F. U Khan; I. T. Nazki; Z. A Qadri. 2013. Effect of chemical fertilizers and bio-inoculants on growth and flowering of dahlia (*Dahlia variabilis* Desf.) cv. ‘Pink Attraction’. *Applied Biological Research* 15(2), 121-129.
- Sieverding, E. 1983. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular en el laboratorio. CIAT. Colombia. p. 116.
- Singh, Z. and A. K. Gupta. 1995. Effect of nitrogen and phosphorus on their availability in the soil after harvesting of *Dahlia variabilis* wild cv. Powder Puff. *Crop Research* 10, 327-333.
- Singh, Z. and A. K. Gupta. 1996. Effect of nitrogen, phosphorous application on the mineral composition of *Dahlia variabilis* wild cv. Powder puff. *Environment & Ecology* 14, 940-43.
- Sohn, B.; K. Kim; S. Chung; W. Kim; S. Park; J. Kang; Y. Rim; J. Cho; T. Kim and J. Lee. 2003. Effect of the different timing of AMF inoculation on plant growth and flower quality of chrysanthemum. *Scientia Horticulturae* 98, 173-183.
- Soroa, M. R.; S. Cortez y B. Noval. 1998. Biofertilización con Hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA). En semilleros de extraña rosa (*Callistephus sinensis*). *Cultivos tropicales* 19 (3), 29-31.

- Soroa, M.; F. Soto y E. Terry. 2007. Crecimiento de posturas de *Gerbera jamesonii* establecidas con diferentes alternativas nutricionales. *Cultivos tropicales* 28 (4), 41-49.
- Soroa, M.; S. Cortez y A. Hernández. 2003. Estudio del efecto de la aplicación de biofertilizantes sobre algunas variables de crecimiento y rendimiento en *Gerbera jamesonii* cv. Bolus. *Cultivos Tropicales* 24 (2), 15-17.
- Soroa-Bell, M.; A. Hernández-Fernández; F. Soto-Carreño y E. Terry-Alfonso. 2009. Identificación de algunas especies de microorganismos benéficos en la rizósfera de gerbera y su efecto en la productividad. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15 (2), 41-48.
- Tariq, S.; S. Rehman; M. Khan; A. Younis; M. Yaseen and M. Assan. 2012. Agricultural and municipal waste potting media components for the growth and flowering of *Dahlia hortensis* "Figaro". *Turkish Journal of Botany* (36), 378-385.
- Trejo, D.; R. Zuleta; L. Lara. 2008. Manual de prácticas para el estudio de la simbiosis micorrizógena arbuscular. Primera edición. Universidad Veracruzana. p. 138.
- Trejo-Téllez, B. I.; N. I. Torres-Flores; L. I Trejo-Téllez y V. M. Cisneros-Solano. 2013. El alcatraz blanco (*Zantedeschia aethiopica* (L.) K. Spreng) en el municipio de La Perla, Veracruz. *Agroproductividad* 6 (3), 3-8.
- Treviño, G.; L. Ma. Mera; R. Bye; J. M. Mejía y A. Laguna. 2007. Historia de la dalia (Acocoxóchitl): La flor nacional de México. Publicación de difusión #1. Tlalnepantla, Estado de México. p. 27.
- Vaingankar, J. D. and B. F. Rodrigues. 2012. Screening for efficient AM (arbuscular mycorrhizal) fungal bioinoculants for two commercially important ornamental flowering plant species of Asteraceae. *Biological Agriculture & Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems* 28 (3), 167-176.
- Vidalie, H. 2001. Producción de flores y plantas ornamentales. Ed. Mundi-Prensa. México. p. 269.
- Villalobos, E. 2001. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales en San José, Costa Rica. Estudio de la Universidad de Costa Rica. p. 230.
- Winsor, G. and P. Adams. 1987. Diagnosis of Mineral Disorders in Plants. Volume 3. Glasshouse Crops. London: Her Majesty's Stationery Office. p.168.
- Younis, A.; M. A. P. Khan and A. Riaz. 2006. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus, and potash fertilizers on growth of *Dahlia coccinea* cv. Decorative. *Caderno de Pesquisa, série Biologia* 18 (3), 8-14.
- Younis, A.; M. Ahmad; M. A. Riaz and M. A. Khan. 2007. Effect of different potting media on the growth and flowering of *Dahlia coccinea* cv. Mignon. *Acta Horticulturae* 804, 191-196.
- Younis, A.; S. Anjum; A. Riaz; M. Hameed; U. Tariq and M. Ahsan. 2014. Production of quality dalia (*Dahlia variabilis* cv. Redskin) flowers by efficient nutrients management running title: plant nutrition impacts on dalia quality. *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environment Sciences* 14 (2), 137-142.

APÉNDICE

Cuadro 1A. Resultados del procedimiento GLM						
DATOS M1¹ V1⁴	⁶R²	CoefVar.⁷	CME⁸	DesvEst.⁹	Media	Pr > F¹⁰
Altura	0.6337	18.9162	18.3841	4.2876	22.6666	0.0108
Diámetro del tallo	0.6345	18.4182	1.3078	1.1436	6.2091	0.0106
Tasa de Crecimiento Relativo	0.8918	14.0369	16.9048	4.1115	29.2908	<.0001
Biomasa hoja	0.8525	29.5409	1.2879	1.1348	3.8416	<.0001
Biomasa tallo	0.8178	36.3436	0.2444	0.4944	1.3604	<.0001
Biomasa raíz	0.5236	71.4456	2.5745	1.6045	2.2458	0.0602
Biomasa total	0.8575	27.4965	4.1471	2.0364	7.4062	<.0001
DATOS M2² V1	R²	CoefVar.	CME	DesvEst.	Media	Pr > F
Altura	0.5949	14.8091	37.7708	6.1457	41.5	0.0212
Diámetro del tallo	0.7173	14.5329	1.6258	1.275	8.7737	0.0018
Tasa de Crecimiento Relativo	0.6292	34.4639	635.707	25.2132	73.1583	0.0117
Tasa Unitaria Foliar	0.3157	77.8234	0.0192	0.1388	0.1783	0.434
Biomasa hoja	0.6761	30.95	9.47	3.0773	9.9429	0.0046
Biomasa tallo	0.755	34.465	8.2204	2.867	8.318	0.0006
Biomasa flor	0.7815	35.475	5.4793	2.3407	6.5983	0.0003
Biomasa raíz	0.3646	99.5997	27.6644	5.2596	5.2808	0.3068
Biomasa Total	0.6251	31.7094	91.345	9.5574	30.1408	0.0127
[Nitrógeno] hoja	0.2899	20.6129	35.5204	5.9599	28.9137	0.508
[Nitrógeno] tallo	0.4721	37.1436	21.3213	4.6175	12.4316	0.1119
[Nitrógeno] flor	0.2016	29.2596	41.0304	6.4055	21.892	0.7642
[Nitrógeno] raíz	0.3755	34.0077	19.6266	4.4302	13.027	0.2813
[Fósforo] hoja	0.5167	19.1247	0.4444	0.6667	3.4862	0.0658
[Fósforo] tallo	0.4125	84.8425	0.1356	0.3683	0.4341	0.2027
[Fósforo] flor	0.6126	21.3336	0.125	0.3536	1.6579	0.0158
[Fósforo] raíz	0.5642	28.8603	0.086	0.2934	1.0166	0.0342
[Potasio] hoja	0.3861	25.4731	14.019	3.7442	14.6987	0.2578
[Potasio] tallo	0.5368	17.6454	3.5238	1.8772	10.412	0.0505
[Potasio] flor	0.3138	27.2877	9.2434	3.0403	11.1416	0.4394
[Potasio] raíz	0.3008	23.6028	6.0668	2.4631	10.4358	0.4763
Extracción de N en hoja	0.59	35.9453	10160.03	100.797	280.4175	0.023
Extracción de N en tallo	0.7563	34.1635	1003.22	31.6737	92.712	0.0006
Extracción de N en flor	0.5921	50.6862	4705.65	68.5978	135.3346	0.0222
Extracción de N en raíz	0.2688	112.8754	5971.7	77.2768	68.462	0.5703
Extracción de N total	0.7119	25.8776	22290.10	149.2987	576.9417	0.0020
Extracción de P en hoja	0.6129	36.8176	154.7137	12.4384	33.7837	0.0157
Extracción de P en tallo	0.2221	107.5198	10.349	3.217	2.992	0.7076
Extracción de P en flor	0.749	38.1975	17.3438	4.1646	10.9029	0.0007

Extracción de P en raíz	0.2627	106.6932	31.3454	5.5987	5.2475	0.5884
Extracción de P total	0.6526	31.0462	270.1486	16.4362	52.9412	0.0075
Extracción de K en hoja	0.5919	33.1664	2181.21	46.7035	140.8154	0.0223
Extracción de K en tallo	0.804	31.4156	695.96	26.3812	83.975	0.0001
Extracción de K en flor	0.5659	62.8216	2374.09	48.7247	77.5604	0.0334
Extracción de K en raíz	0.403	100.38	3237.87	56.9023	56.6866	0.2227
Extracción de K total	0.6041	31.4319	12736.54	112.8563	359.0496	0.0182
Periodo de floración en días	0.3344	11.1138	106.6138	10.3254	92.9062	0.151
Número de flores	0.7323	36.0607	25.7911	5.0785	14.0833	0.0012
Número de botones	0.5852	44.0703	92.5828	9.622	21.833	0.0248
Porcentaje de colonización	0.9475	28.9554	116.6421	10.8001	37.2991	<.0001
Número de esporas	1.00	0.00	0.00	0.00	96.875	<.0001
DATOS M3³ V1	R²	CoefVar.	CME	DesvEst.	Media	Pr > F
Peso seco parte aérea	0.2932	49.4099	486.1667	22.0491	44.625	0.2422
Peso fresco de raíces	0.2817	85.1557	7071.354	84.0913	98.75	0.2739
Número de tubérculos	0.218	53.3769	37.2698	6.1049	11.4375	0.4842
DATOS M1 V2⁵	R²	CoefVar.	CME	DesvEst.	Media	Pr > F
Altura	0.9468	12.7949	6.0691	2.4635	19.2541	<.0001
Diámetro del tallo	0.9171	16.5168	1.0213	1.0106	6.1187	<.0001
Tasa de Crecimiento Relativo	0.9635	21.0443	18.88	4.3452	20.6479	<.0001
Biomasa hoja	0.9657	23.6435	0.8795	0.9378	3.9666	<.0001
Biomasa tallo	0.971	22.1873	0.0729	0.27	1.217	<.0001
Biomasa raíz	0.641	90.3265	2.029	1.4245	1.577	0.0094
Biomasa total	0.9425	30.9471	4.319	2.0783	6.7158	<.0001
DATOS M2 V2	R²	CoefVar.	CME	DesvEst.	Media	Pr > F
Altura	0.5587	17.618	81.5937	9.0329	51.2708	0.0387
Diámetro del tallo	0.6346	18.99	3.2238	1.7955	9.455	0.0106
Tasa de Crecimiento Relativo	0.8602	18.0496	352.65	18.7791	104.041	<.0001
Tasa Unitaria Foliar	0.8734	25.4715	0.0034	0.0586	0.2302	<.0001
Biomasa hoja	0.8944	21.9	5.125	2.2638	10.337	<.0001
Biomasa tallo	0.794	38.532	12.637	3.5549	9.2258	0.0002
Biomasa flor	0.8739	27.2113	3.169	1.708	6.5425	<.0001
Biomasa raíz	0.657	57.5909	27.8696	5.2791	9.166	0.0069
Biomasa total	0.861	27.79	97.2816	9.8631	35.4825	<.0001
[Nitrógeno] hoja	0.2014	33.3883	83.8561	9.1573	27.4266	0.7649
[Nitrógeno] tallo	0.4519	46.1886	15.2162	3.9008	8.4454	0.139
[Nitrógeno] flor	0.6019	22.6526	30.6789	5.5388	24.4512	0.0189
[Nitrógeno] raíz	0.4436	40.7883	18.8581	4.3426	10.6466	0.1514
[Fósforo] hoja	0.4743	62.4363	0.3432	0.5858	0.9383	0.1092
[Fósforo] tallo	0.7633	55.8706	0.1003	0.3168	0.567	0.0005
[Fósforo] flor	0.7135	19.4523	0.1485	0.3854	1.9816	0.0019
[Fósforo] raíz	0.7441	19.9176	0.039	0.1976	0.9925	0.0003

[Potasio] hoja	0.408	23.0091	6.4089	2.5316	11.0029	0.2131
[Potasio] tallo	0.3781	21.3113	5.1103	2.2606	10.6075	0.2755
[Potasio] flor	0.6577	22.4346	14.4917	3.8068	16.9687	0.0068
[Potasio] raíz	0.2258	20.8748	5.0566	2.2487	10.7725	0.6971
Extracción de N en hoja	0.7053	48.2469	19922.5	141.1471	229.5513	0.0024
Extracción de N en tallo	0.7291	36.6784	579.7934	24.0789	65.6487	0.0013
Extracción de N en flor	0.605	52.4172	6048.79	77.774	148.375	0.018
Extracción de N en raíz	0.4631	70.4665	3341.88	57.809	82.0386	0.1235
Extracción de N total	0.5411	96.0674	486696.12	697.636	726.193	0.0476
Extracción de P en hoja	0.5847	73.543	44.9637	6.7055	9.1179	0.025
Extracción de P en tallo	0.7528	71.0682	14.526	3.8113	5.3629	0.0007
Extracción de P en flor	0.7662	42.3063	30.3523	5.5093	13.0225	0.0004
Extracción de P en raíz	0.7005	54.3001	21.1213	4.5958	8.4637	0.0027
Extracción de P total	0.8267	31.9104	130.3524	11.4172	35.7791	<.0001
Extracción de K en hoja	0.9648	11.54	158.4552	12.5879	109.08	<.0001
Extracción de K en tallo	0.6735	50.2956	2303.7	47.9969	95.4295	0.0049
Extracción de K en flor	0.7604	42.1716	2253.27	47.4687	112.56	0.005
Extracción de K en raíz	0.6568	66.5074	4624.0	68.0	102.245	0.0069
Extracción de K total	0.8289	30.9094	17014.85	130.441	422.010	<.0001
Periodo de floración en días	0.4138	13.4238	165.5288	12.8658	95.8437	0.0501
Número de flores	0.7914	47.7994	49.7081	7.0504	14.75	0.0002
Número de botones	0.6862	48.2937	188.3317	13.7234	28.4166	0.0037
Porcentaje de colonización	0.9844	15.5994	38.0861	6.1714	39.5616	<.0001
Número de esporas	1.00	0.00	0.00	0.00	102.25	<.0001
DATOS M3 V2	R²	CoefVar.	CME	DesvEst.	Media	Pr > F
Peso seco parte aérea	0.3822	67.6127	2280.208	47.7515	70.625	0.0802
Peso fresco de raíces	0.6473	35.9596	7370.83	85.8535	238.75	0.0003
Número de tubérculos	0.2739	40.6233	36.2083	6.0173	14.8125	0.2955

¹ M1: muestreo uno; ² M2: muestreo dos; ³ M3: muestreo tres; ⁴ V1: *Dahlia x hibrida* var. Fresco; ⁵ V2: *Dahlia variabilis*. ⁶ R²: Coeficiente de determinación; ⁷ CoefVar.: Coeficiente de variación; ⁸ CME: Cuadrado medio del error; ⁹ DesvEst.: Desviación estándar; ¹⁰ Pr>F: Probabilidad.