



**COLEGIO DE POSGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS TABASCO**

**PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE PROPIEDADES QUÍMICAS, MICROFLORA Y  
CITRANGE TROYER (*Poncirus trifoliata* x *C. sinensis*) ESTIMULADO CON  
FERTILIZACIÓN EN INVERNADERO Y VIVERO**

**APOLINAR GONZÁLEZ MANCILLA**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO**

**DICIEMBRE 2010**

La presente tesis titulada: **Estudio comparativo de propiedades químicas, microflora y Citrange troyer (*Poncirus trifoliata* x *C. sinensis*) estimulado con fertilización en invernadero y vivero**, realizada por el alumno Apolinar González Mancilla, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO.**

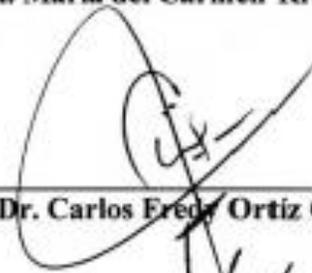
**CONSEJO PARTICULAR**

Consejera:



\_\_\_\_\_  
**Dra. María del Carmen Rivera Cruz**

Asesor:



\_\_\_\_\_  
**Dr. Carlos Efraim Ortiz García**

Asesor:



\_\_\_\_\_  
**Dr. Juan José Almaraz Suárez**

**H. Cárdenas, Tabasco, México, 13 de diciembre de 2010.**

El presente estudio que lleva por título “**Estudio comparativo de propiedades químicas, microflora y Citrange troyer (*Poncirus trifoliata* x *C. sinensis*) estimulado con fertilización en invernadero y vivero**” se realizó en el Laboratorio de Microbiología de Suelo, localizado en las instalaciones del Campus-Tabasco, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Esta investigación fue financiado parcialmente y forma parte de la línea 8 de investigación del Colegio de Postgraduados: Impacto y Mitigación del Cambio Climático. Sector Agrícola y Forestal. El estudio fue dirigido por la Dra. María del Carmen Rivera Cruz, Profesor Investigador del Colegio de Postgraduados Campus-Tabasco.

ESTUDIO COMPARATIVO DE PROPIEDADES QUÍMICAS, MICROFLORA Y  
CITRANGE TROYER (*Poncirus trifoliata* x *C. sinensis*) ESTIMULADO CON  
FERTILIZACIÓN EN INVERNADERO Y VIVERO

Apolinar González Mancilla

Colegio de Postgraduados 2010

En esta investigación el objetivo fue una comparación de los efectos de la fertilización orgánica en propiedades químicas, microbiológicas en suelo-rizósfera y la planta de Citrange troyer en invernadero y vivero en un Acrisol Umbri-Plíntico. Se efectuaron dos bioensayos en invernadero y vivero (11 meses). Cada uno de los bioensayos se establecieron por separado completamente al azar 4x3, cuatro tipos de fertilizantes orgánicos (gallinaza, cachaza-1 cachaza-2 y pinzote) y tres dosis (1, 2 y 3%). Fueron 12 tratamientos con fertilización orgánica más dos tratamientos testigos (absoluto y fertilizado con 120 N), en total 84 unidades experimentales por bioensayo. Se realizaron las mediciones de los efectos a los 11 meses después del transplante. Las variables fueron: En suelo (pH, materia orgánica, carbono orgánico, N total y P disponible). Suelo y rizósfera (densidades de bacterias del grupo *Azospirillum*, *Azotobacter*, solubilizadoras de fosfatos, solubilizadoras de potasio y hongos micorrízicos). En planta (altura, diámetro basal de tallo y producción de materia seca). El análisis estadístico fue análisis de varianza y comparación de medias (Tukey,  $p \leq 0.05$ ), análisis de factores tipo y dosis de fertilizante, así como las correlaciones entre las variables; se realizó mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticas significativas por efecto de tipo y dosis de fertilizantes en la mayoría de las variables químicas, microbiológicas y planta (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). El Carbono orgánico en invernadero y vivero se mejoró con la gallinaza al 2 y 1 %; N total y P disponible mejoraron pero no por efecto del mismo tipo y dosis de fertilizante. La cachaza-1 mejoró en los dos ambientes (*Azospirillum*, hifas, arbusculos, vesículas, altura y diámetro en planta). Invernadero favoreció el contenido de C orgánico y  $N_{total}$ , densidad de BSP en rizosfera y en HMA; pero vivero fue mejor en  $P_{disponible}$ , densidad de *Azospirillum*, *Azotobacter* y BSK, además fue mejor en altura, diámetro y materia seca total.

**Palabras clave:** Citrange troyer, gallinaza, cachaza-1, cachaza-2, pinzote, *Azospirillum*, *Azotobacter*, BSP, BSK, HMA.

COMPARATIVE STUDY OF CHEMICAL PROPERTIES, MICROFLORA AND TROYER  
CITRANGE (*Poncirus trifoliata* x *C. sinensis*) STIMULATED WITH  
FERTILIZATION IN GREENHOUSE AND NURSERY

Apolinar González Mancilla

Colegio de Postgraduados 2010

In this investigation the objective was a comparison of the effects of organic fertilization in properties chemical, microbiological in soil-rhizosphere and plant Troyer Citrange in greenhouse and nursery in Umbri-plinthic Acrisol. Two bioassays were conducted in greenhouse and nursery (11 months). Each of the bioassays was established separately 4x3 completely randomized four types of organic fertilizers (chicken manure, filter cake-1, filter cake-2 and rachis of banana raceme) and three doses (1, 2 and 3 %). Were 12 treatments with organic fertilization more than two control treatments (absolute and fertilized with 120 N), a total of 84 experimental units by bioassay. Measurements were made of the effects at 11 months after transplantation. The variables were: In soil (pH, organic matter, organic carbon, total N and available P). Soil and rhizosphere (group densities of bacteria *Azospirillum*, *Azotobacter*, solubilizing phosphate, potassium solubilizing and mycorrhizal fungi). On plant (height, basal stem diameter and dry matter production). The statistical analysis was analysis of variance and means comparisons (Tukey,  $p \leq 0.05$ ), analysis of type and dose of fertilizer, and correlations between variables; was performed using the GLM procedure of Statistical Analysis System. The results showed statistically significant differences by the effect of type and dose of fertilizer in most of the chemical variables, microbiological and plant (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). The organic carbon in greenhouse and nursery improved with the chicken manure to 2 and 1 %; total N and available P improved but not the effect of the type and dose of fertilizer. The filter cake-1 improved in both environments (*Azospirillum*, hyphae, arbuscules, vesicles, plant height and diameter). Greenhouse favored organic C and total N content, BSP density in rhizosphere and HMA, but nursery was best in available P, density *Azospirillum*, *Azotobacter* and BSK, also was better in height, diameter and total dry matter.

Keywords: Troyer Citrange, chicken manure, filter cake-1, filter cake-2 and rachis of banana raceme, *Azospirillum*, *Azotobacter*, BSP, BSK, HMA.

## **AGRADECIMIENTOS**

*Esta es la culminación de 2 años de trabajo en los que he tenido la oportunidad de experimentar alegrías y tristezas que da la Ciencia del conocimiento. Terminar este proceso me hubiera sido imposible sin las instituciones y las personas que me apoyaron incondicionalmente. Todos y cada uno de ellos han aportado su granito de arena, el cual muestro mis agradecimientos.*

*Al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado para la culminación de este trabajo de investigación.*

*Al Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, por ser parte de mi formación académica como Maestro en Ciencias generación 2009-2010, especialmente al área de Microbiología Ambiental del Suelo, por enseñarme el arte de la investigación y por todas las facilidades brindadas para el desarrollo de esta investigación.*

*A la Universidad Popular de la Chontalpa (UPCH), por el apoyo brindado al permitirme establecer el experimento en el área de vivero, especialmente al Ing. Gonzalo Cruz Navarro, quien dedicó parte de su valioso tiempo al cuidado del experimento.*

*A mi consejera Director de Tesis, Dra. María del Carmen Rivera Cruz, profesora investigadora del Colegio de Postgraduados, Campus-Tabasco, por su amistad, confianza, dedicación y paciencia. Por su apoyo y orientación decidida para culminar satisfactoriamente este trabajo de tesis.*

*A mis Asesores Revisores de tesis: Dr. Carlos Fredy Ortíz García y Dr. Juan José Almaraz Suarez por sus sabios consejos y acertadas aportaciones, que permitieron mejorar y terminar el contenido de esta tesis.*

*Al M.C. Antonio Trujillo Narcía, estudiante de Doctorado; por su amistad y apoyo incondicional durante mi estancia en el Campus-Tabasco, quien sinceramente agradezco por sus sabios consejos que me han permitido ser honesto, dedicado y con muchas energías de superación.*

*Al Dr. Alejandro Alarcón, por apoyarme con la técnica de colonización micorrízica y por sus enseñanzas otorgadas durante mi estancia a Montecillos en mi problema especial.*

*A todos los Doctores del Campus-Tabasco quienes contribuyeron de manera acertada en mi formación académica por medio de los cursos correspondientes a la Maestría en Producción Agroalimentaria en el Trópico.*

*A mi compañero y amigo Rodrigo Dorantes Avelino, quien gracias a su tiempo valioso y apoyo incondicional dentro y fuera de Laboratorio de Microbiología se logró terminar esta investigación.*

*A mi hermano Rigoberto y mi amigo Hector J. Mejia, quienes me apoyaron incondicionalmente e influyeron positivamente en la terminación de esta investigación.*

*A mis compañeros y amigos de la generación de Maestría en Ciencias, por su amistad y sus tiempos valiosos compartidos conmigo en esta institución.*

*A los estudiantes de la UPCH Gaby, Oscar, Aquilino y Maricela quienes me apoyaron incondicionalmente en el laboratorio, gracias por su amistad y por compartir experiencias inolvidables de trabajo.*

## **DEDICATORIA**

*Dedico esta tesis:*

*A Dios: Porque me dio la vida y siempre me ha iluminado en momentos difíciles. Bendito seas Diosito, mil gracias por tu bondad.*

*A mis padres: Benito González Hernández (que en paz descanse) quien me apoyo hasta terminar la carrera universitaria; y que a pesar de muerto, sus regaños y sabios consejos siguen guiando mi vida “Dios este contigo querido papa”. María Quiteria Mancillas Díaz, quien me sigue apoyando material y espiritualmente, por medio de su amor de madre y me sigue inspirando a superarme.*

*A mi esposa e hijo, quienes AMO con toda el Alma: Patricia Vázquez López y Yeray de Jesús González Vázquez. Por el amor, cariño, paciencia y apoyo, que hicieron posible terminar este trabajo.*

*A mis hermanos Irma, Vale, Bersa, Rigo, Flory, Memo, Bella, Chefy y Huicho; con quienes he compartido muchas alegrías y tristezas. Espero poder seguir compartiendo la dicha y felicidad que nos mantiene unidos. Estoy orgulloso de ser sus hermano.*

*A la Dra. María del Carmen y al Maestro Antonio, por contagiarme su pasión por la vida y por la ciencia.*

## CONTENIDO

	Pág.
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> -----	xii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> -----	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> -----	1
<b>II. OBJETIVOS</b> -----	4
2.1. Objetivo general -----	4
2.1.1. Objetivos particulares -----	4
<b>III. HIPÓTESIS</b> -----	5
3.1. Hipótesis general -----	5
3.1.1. Hipótesis particulares -----	5
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b> -----	6
4.1. Los cítricos -----	6
4.1.1. Distribución e importancia -----	6
4.1.2. El vivero de cítricos en México -----	8
4.1.2.1. Proceso de producción de portainjertos -----	8
4.1.2.2. Importancia del uso de portainjertos en cítricos -----	9
4.1.2.3. Origen y características de Citrange troyer -----	12
4.1.3. Propagación -----	14
4.2. Uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en cítricos -----	15
4.2.1. Efecto en las propiedades del suelo -----	16
4.2.1.1. Efecto en las propiedades químicas del suelo -----	16
4.2.1.1.1. pH del suelo -----	16
4.2.1.1.2. Materia orgánica -----	17
4.2.1.1.3. Nitrógeno en el suelo -----	18
4.2.1.1.4. Fósforo en el suelo -----	19
4.2.1.1.5. Potasio en el suelo -----	20
4.2.2. Efecto en el crecimiento y la nutrición de la planta -----	22
4.2.3. Efecto en el sistema radical -----	24
4.2.3.1. Efecto en los microorganismos de la rizósfera -----	24
4.2.3.1.1. Bacterias benéficas para las plantas -----	25
4.2.3.1.2. Hongos micorrízicos arbúsculares (HMA) -----	26
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS</b> -----	29
5.1. Desarrollo de la investigación -----	30
5.1.1. Etapa I. Colecta y preparación de suelo -----	30
5.1.2. Etapa II. Actividades de preensayo -----	30
5.1.3. Etapa III. Establecimiento de bioensayos -----	32
5.1.4. Etapa IV. Variables de estudio -----	33
5.1.4.1. Análisis químico del suelo -----	33
5.1.4.2. Análisis microbiológico -----	35

5.1.4.2.1.	Densidad de bacterias reguladoras de crecimiento vegetal en suelo a distancia y rizósfera -----	35
5.1.4.2.2.	Porcentaje de colonización por hongos micorrízicos arbúsculares -----	36
5.1.4.3.	Crecimiento y acumulación de materia seca en Citrange troyer -----	38
5.1.5.	Etapas V. Análisis estadístico -----	38
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----</b>	<b>39</b>
6.1.	Efectos por tratamientos -----	39
6.1.1.	Propiedades químicas en suelo plantado con Citrange Troyer en invernadero y vivero-----	39
6.1.2.	Densidad de bacterias reguladoras de crecimiento vegetal en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Invernadero y vivero-----	46
6.1.2.1.	Bacterias del género <i>Azospirillum</i> -----	46
6.1.2.2.	Bacterias <i>Azotobacter</i> -----	49
6.1.2.3.	Bacterias solubilizadoras de fosfatos -----	51
6.1.2.4.	Bacterias solubilizadoras de potasio -----	55
6.1.3.	Hongos micorrízicos arbúsculares (HMA) en raíz de Citrange troyer -----	58
6.1.3.1.	Hifas -----	58
6.1.3.2.	Arbúsculos -----	59
6.1.3.3.	Vesículas -----	60
6.1.4.	Comportamiento de Citrange troyer plantado en invernadero y vivero -----	62
6.1.4.1.	Altura y diámetro basal -----	62
6.1.4.2.	Materia seca total -----	65
6.1.4.3.	Relación materia seca foliar y radical -----	67
6.2.	Efecto tipos de fertilizantes -----	69
6.2.1.	Nitrógeno total ( $N_{total}$ ) y fósforo disponible ( $P_{disponible}$ ) en suelo con Citrange troyer -----	69
6.2.2.	Densidades de bacterias reguladoras de crecimiento vegetal en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer -----	71
6.2.2.1.	<i>Azospirillum</i> en suelo a distancia -----	71
6.2.2.2.	<i>Azospirillum</i> en rizósfera -----	71
6.2.2.3.	<i>Azotobacter</i> en suelo a distancia -----	73
6.2.2.4.	<i>Azotobacter</i> en rizósfera -----	73
6.2.2.5.	Bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) en suelo a distancia-----	74
6.2.2.6.	Bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) en rizósfera -----	75
6.2.2.7.	Bacterias solubilizadoras de potasio (BSK) en suelo a distancia-----	76
6.2.2.8.	Bacterias solubilizadoras de potasio (BSK) en rizósfera-----	76
6.2.3.	Hongos micorrízicos arbúsculares (HMA) en raíz de Citrange troyer -----	78
6.2.3.1.	Hifas -----	79
6.2.3.2.	Arbúsculos -----	79
6.2.3.3.	Vesículas -----	80
6.2.4.	Comportamiento de Citrange troyer plantado en invernadero y vivero -----	81
6.2.4.1.	Altura y diámetro basal -----	81
6.2.4.2.	Materia seca total -----	83
6.2.4.3.	Relación materia seca foliar y radical -----	84

6.3.	Efecto dosis de fertilizantes -----	86
6.3.1.	Nitrógeno total ( $N_{total}$ ) y fósforo disponible ( $P_{disponible}$ ) en suelo con Citrange troyer -----	86
6.3.2.	Densidades de bacterias reguladoras de crecimiento vegetal en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer -----	88
6.3.2.1.	<i>Azospirillum</i> en suelo a distancia -----	88
6.3.2.2.	<i>Azospirillum</i> en rizósfera -----	88
6.3.2.3.	<i>Azotobacter</i> en suelo a distancia -----	89
6.3.2.4.	<i>Azotobacter</i> en rizósfera -----	89
6.3.2.5.	Bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) en suelo a distancia -----	90
6.3.2.6.	Bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) en rizósfera -----	91
6.3.2.7.	Bacterias solubilizadoras de potasio (BSK) en suelo a distancia-----	92
6.3.2.8.	Bacterias solubilizadoras de potasio (BSK) en rizósfera-----	92
6.3.3.	Hongos micorrízicos arbúsculares (HMA) en raíz de Citrange troyer -----	93
6.3.4.	Comportamiento de Citrange troyer plantado en invernadero y vivero -----	95
6.3.4.1.	Altura y diámetro basal -----	95
6.3.4.2.	Materia seca total -----	96
6.3.4.3.	Relación materia seca foliar y radical -----	97
6.4.	Efecto según el lugar en donde se desarrollo Citrange troyer -----	99
6.5.	Interacciones tipo y dosis de fertilizantes en Citrange troyer -----	103
6.5.1.	Correlaciones de variables en invernadero -----	104
6.5.2.	Correlaciones de variables en vivero -----	105
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> -----	107
<b>VIII.</b>	<b>LITERATURA CITADA</b> -----	109
<b>IX.</b>	<b>APÉNDICE</b> -----	123

## ÍNDICE DE CUADROS

		Páginas
Cuadro 1.	Comportamiento de los principales portainjertos usados en cítricos frente a las condiciones del medio -----	10
Cuadro 2.	Comportamiento de los principales portainjertos usados en cítricos frente a las enfermedades -----	11
Cuadro 3.	Comportamiento de los principales portainjertos usados en cítricos frente a virosis y enfermedades afines -----	12
Cuadro 4.	Influencia de la micorriza arbuscular sobre enfermedades radicales en algunos frutales, según Perrín, 1990 (datos tomados de muchos autores) (Ferrera-Cerrato et al., 1998) -----	27
Cuadro 5.	Características químicas de los sustratos orgánicos utilizados como fertilizantes en los bioensayos cultivados con Citrange troyer -----	31
Cuadro 6.	Diseño experimental para portainjerto de Citrange troyer en invernadero y vivero -----	33
Cuadro 7.	Potencial hidrógeno, materia orgánica y carbono orgánico en suelo sometido a fertilizantes orgánicos, cultivado con Citrange troyer en invernadero y vivero a los 11 meses después del trasplante -----	45
Cuadro 8.	Nitrógeno total, relación Carbono-Nitrógeno y fósforo disponible en suelo sometido a fertilizantes orgánicos cultivado con Citrange troyer en invernadero y vivero a los 11 meses después del trasplante -----	45
Cuadro 9.	Densidad de bacterias de <i>Azospirillum</i> por efecto de fertilizantes orgánicos y dos testigos en invernadero y vivero con Citrange troyer -----	48
Cuadro 10.	Densidad de bacterias <i>Azotobacter</i> por efecto de fertilizantes orgánicos y dos testigos en invernadero y vivero con Citrange troyer -----	52
Cuadro 11.	Densidad de bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) por efecto de fertilizantes orgánicos y dos testigos en invernadero y vivero con Citrange troyer -----	54
Cuadro 12.	Densidad de bacterias solubilizadoras de potasio (BSK), por efecto de fertilizantes orgánicos y dos testigos en invernadero y vivero con Citrange troyer -----	57
Cuadro 13.	Colonización por HMA (hifas, arbusculos y vesículas) en raíz de Citrange troyer en condiciones de invernadero y vivero con fertilizantes orgánicos y dos testigos -----	61
Cuadro 14.	Altura y diámetro basal de Citrange troyer por efecto de fertilizantes orgánicos y dos testigos, a los 11 meses después del trasplante en invernadero y vivero -----	63
Cuadro 15.	Aumento de altura y diámetro basal por efecto de fertilizantes orgánicos según el lugar donde se estableció Citrange troyer -----	64

Cuadro 16.	Materia seca foliar, radical y total en los diversos tratamientos, evaluados a los 11 meses después del trasplante en invernadero y vivero con Citrange troyer -----	65
Cuadro 17.	Aumento de la acumulación de la materia seca total según el lugar donde se estableció Citrange troyer -----	67
Cuadro 18.	Relación materia seca foliar: materia seca radical (MSF/MSR) de Citrange troyer cultivado en invernadero y vivero -----	69
Cuadro 19.	Efecto tipo de fertilizantes en la colonización por HMA en raíz de Citrange troyer. Invernadero y vivero -----	81
Cuadro 20.	Materia seca foliar y radical en Citrange troyer por efecto de tipo de fertilizantes tanto en invernadero como en vivero -----	86
Cuadro 21.	Relación MSF/MSR de Citrange troyer cultivado en invernadero y vivero -----	86
Cuadro 22.	Efecto dosis de fertilizantes en la colonización por HMA en raíz de Citrange troyer. Invernadero y vivero -----	95
Cuadro 23.	Materia seca foliar y radical en Citrange troyer por efecto de dosis de fertilizantes tanto en invernadero como en vivero -----	98
Cuadro 24.	Relación de MSF/MSR de Citrange troyer cultivado en invernadero y vivero -----	98
Cuadro 25.	Anova de dos factores (tipo y dosis de fertilizantes) para todos los parámetros estudiados en suelo y Citrange troyer a los 11 meses después de plantado -----	103
Cuadro 26.	Correlaciones de variables en invernadero -----	105
Cuadro 27.	Correlaciones de variables en vivero -----	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Páginas
Figura 1.	Distribución porcentual de países productores de limas y limones (Pérez, 2007) -----	6
Figura 2.	Regiones que forman la rizósfera (Ferrera-Cerrato, 1995) -----	25
Figura 3.	Flujograma del proceso de investigación-----	29
Figura 4.	Técnica para la cuantificación de bacterias benéficas por cuenta viable por dilución seriada en agar sólido (Rivera-Cruz, 2008)-----	36
Figura 5.	Preparación las raíces A) Cápsulas con raíces teñidas de azul tripano, B) Selección y colocación de raíces en portaobjetos y C) Raíces en portaobjetos con lactoglicerol listos para su observación -----	37
Figura 6.	Colonización de las raíces en Citrange troyer por HMA A): Invernadero y B): Vivero -----	61
Figura 7.	Efecto de tipo de fertilizante en: A) N total y B) P disponible en suelo cultivado con Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ) -----	70
Figura 8.	Efecto de tipo de fertilizante en la densidad de <i>Azospirillum</i> en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero -----	72
Figura 9.	Efecto de tipo de fertilizantes en la densidad de <i>Azotobacter</i> en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero -----	75
Figura 10.	Efecto de tipo de fertilizantes en la densidad BSP en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero -----	77
Figura 11.	Efecto de tipo de fertilizantes en la densidad de BSK en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero -----	78
Figura 12.	Efecto de tipo de fertilizantes en altura y diámetro basal en Citrange troyer a los 11 meses después de su transplante. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ). A): Altura y B): Diámetro basal --	83
Figura 13.	Materia seca total en Citrange troyer a los 11 meses después del transplante, según el efecto de los tipos de fertilizantes. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ) -----	85
Figura 14.	Efecto de dosis de fertilizante en A) Ntotal y B) P disponible en suelo cultivado con Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ) -----	87

Figura 15.	Efecto de dosis de fertilizantes en la densidad de <i>Azospirillum</i> en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero -----	89
Figura 16.	Efecto de dosis de fertilizantes en la densidad de <i>Azotobacter</i> en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero -----	90
Figura 17.	Efecto de dosis de fertilizantes en la densidad de BSP en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero -----	91
Figura 18.	Efecto de dosis de fertilizantes en la densidad de BSK en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero -----	93
Figura 19.	A). Altura y B) diámetro basal de Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante según la dosis del fertilizante. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ) -----	96
Figura 20.	Materia seca total en Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante según la dosis del fertilizante. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ) -----	97
Figura 21.	Efecto del lugar en las características del suelo cultivado con Citrange troyer, a los 11 meses después del trasplante. Columnas con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ). A): C orgánico, B): N total, C): Relación Carbono-Nitrógeno y D): P disponible -----	99
Figura 22.	Efecto del lugar en las densidades de Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal en A) suelo a distancia y B) rizósfera de Citrange troyer, a los 11 meses después del trasplante. Columnas del mismo color y con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ) -----	101
Figura 23.	Efecto del lugar en la colonización por HMA en raíz de Citrange troyer, a los 11 meses después de su trasplante. Columnas del mismo color y con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ) -----	101
Figura 24.	Efecto del lugar en planta de Citrange troyer, a los 11 meses después de su trasplante. Columnas con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey, $p \leq 0.05$ , $a > b$ ). A): Altura, B): Diámetro basal de tallo y C): Materia seca total -----	102

## I. INTRODUCCIÓN

En México, la citricultura es una actividad importante dentro de la fruticultura, la superficie cosechada es de 540 671.24 hectáreas, las cuales generan un volumen de producción anual de 7 390 110.96 toneladas de fruta, con un valor de producción estimado de \$ 9 838 747 824.57 pesos. En el estado de Tabasco es una actividad importante en el sector rural con una superficie cosechada de 13779.24 hectáreas con 188 340.2 toneladas de fruta producida y con un rendimiento económico de \$ 250 744 779.88 (SIAP-SAGARPA, 2010).

Diversas especies de cítricos, principalmente limón persa (*Citrus latifolia* Tan) y naranja valenciana (*Citrus sinensis* L.), han sido introducidas en aéreas agrícolas de México, pero para su desarrollo, crecimiento y tolerancia a enfermedades, han sido necesario injertarlas en portainjertos con resistencia a diversas condiciones edafoclimáticas y tolerancia a enfermedades. En el territorio mexicano existen 344 viveros productores de limón persa, con producción anual de 5 688 587 plantas (Contreras, 2007), y únicamente 64 viveros producen plantas certificadas (SAGARPA, 2010), en donde se utiliza 14 tipos de portainjertos, entre estos al Citrange troyer (*Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*) ya que a diferencia del naranjo agrio, este portainjerto es tolerante al virus de la tristeza de los cítricos (VTC) (Spina *et al.*, 2008).

El sistema de producción en vivero que consta de dos fases principales, la primera en desarrollar portainjertos de calidad y la segunda en injertar variedades de cítricos con potencial comercial, las cuales presenten la característica de estar certificadas como variedades puras y la producción se obtenga en menor tiempo, ambas fases dependen del uso intensivo de fertilizantes inorgánicos como la Urea que se aplica a una dosis de 50 g árbol<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de N (Rodríguez *et al.*, 2006).

La aplicación de urea al suelo sin suplementos orgánicos disminuye los contenidos de materia orgánica, reducen la capacidad de retención de agua y la estabilidad de agregados, además ocasiona acidez o alcalinidad del suelo (Roldán *et al.*, 2005). Debido a que los componentes minerales de los fertilizantes inorgánicos son fácilmente lixiviados, pueden llegar a los

cuerpos acuíferos y ser tóxicos para la fauna y la flora existente. Otro factor a considerar es que los fertilizantes inorgánicos resultan costosos para la economía del productor (Gliessman, 2002).

Por consiguiente, los fertilizantes químicos no son la única y mejor opción para mejorar la fertilidad del suelo, ya que existen otros medios como las técnicas de conservación y la fertilización orgánica, que permitan lograr el incremento o mantenimiento de la fertilidad en la plantación (Doefoer *et al.*, 2000).

Lteif *et al.*, (2010) señalan que los fertilizantes orgánicos a base de composta, vermicomposta, residuos de cosecha, y otros productos orgánicos, incorporados a un suelo cultivado con plantaciones de Álamo blanco, favorece la actividad y el crecimiento microbiano por su alta concentración de carbono (C). Posteriormente, se inicia el proceso de desintegración de los fertilizantes orgánicos por la acción de diversos organismos habitantes del suelo (microflora y fauna), mineralizando los nutrientes en su forma asimilable para las plantas, principalmente carbono, nitrógeno y fósforo (Tian *et al.*, 1997; Becker *et al.*, 2008; Lteif *et al.*, 2010).

La incorporación de fertilizantes orgánicos incorporados a suelos cultivados, es una alternativa para incrementar la fertilidad y la producción de cultivos bajo sistema de producción sostenible (Wu *et al.*, 2005), ya que mejoran las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo. Al respecto, Velázquez-Rodríguez *et al.*, (2007) encontraron aumentos de hasta 150% (respecto al suelo sin fertilizante) en contenido de carbono orgánico, al adicionar estiércol de bovino a un suelo en tepetate cultivado con higuera (*Ficus carica* L.) y pasto Rhodes (*Chloris gayana* Kunth) en condiciones de invernadero. En suelo plantado con naranjo agrio, al adicionar biofertilizantes integrados con cáscara de naranja, cachaza y estiércol de pollo, como acarreadores de bacterias reguladoras de crecimiento vegetal, se incrementó el contenido de C orgánico, N total y P disponible, estimulando el crecimiento del naranjo agrio plantado en vivero (Rivera-Cruz *et al.*, 2010).

De esta manera, la fertilización orgánica a base de subproductos agrícolas nativos de las regiones de México, pueden ser una alternativa para mejorar las condiciones nutrimentales del

suelo y por lo tanto sostener la nutrición de los portainjertos de cítricos en vivero e invernadero, mitigando los altos costos actuales de los fertilizantes minerales.

En la producción de portainjertos en invernadero se controlan factores como las lluvias, temperaturas y lixiviados de materiales orgánicos e inorgánicos del suelo contenido en las bolsas de crecimiento de la planta, así mismo se controla el germoplasma e incidencia de enfermedades. La producción de plantas en vivero está sujeta a factores ambientales, estos factores contribuyen a la pérdida de material mineral y orgánico del suelo, así como también al desarrollo y salud de la planta la cual está sujeta a la aplicación frecuente de plaguicidas. Estas formas de producción pueden ser una alternativa de producción de plantas en menor tiempo, con una mejora permanente del suelo y con menos incidencia de enfermedades.

Por lo anterior, la presente investigación se llevo a cabo para comparar la respuesta del suelo y del portainjerto Citrange troyer sometidos a diferentes sustratos orgánicos establecido en condiciones de invernadero y vivero, que permita tomar decisiones respecto al lugar en donde se establezca la producción de porta injertos para cítricos suplementados con fertilización orgánica que permitan el desarrollo sustentable del sistema productivo.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Realizar un análisis comparativo de los efectos de la fertilización orgánica en propiedades químicas, microbiológicas en suelo-rizósfera y la planta del portainjerto Citrange troyer establecido en invernadero y vivero, que permita recomendar un sistema de producción de plantas y de fertilización sustentable.

#### **2.1.1. Objetivos particulares**

1. Determinar el efecto de tipo y dosis de fertilización orgánica en las características químicas del suelo con Citrange troyer establecido bajo condiciones de invernadero y vivero.
2. Evaluar la densidad de bacterias reguladoras de crecimiento vegetal en suelo y en rizósfera del portainjerto Citrange troyer sometido a diferentes tipo y dosis de fertilizantes orgánicos, tanto en invernadero como en vivero.
3. Determinar la colonización micorrízica en raíces del portainjerto Citrange troyer sometido a diferentes tipo y dosis de fertilizantes orgánicos, tanto en invernadero como en vivero.
4. Cuantificar el crecimiento de la planta Citrange troyer inducidos por el efecto de los diferentes tipo y dosis de fertilizantes orgánicos en invernadero como en vivero.
5. Recomendar en base a la respuesta del suelo y la planta cual es el mejor ambiente para producir el portainjerto Citrange troyer.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis general**

La mejora nutrimental y microbiológica del suelo, así como el crecimiento del portainjerto Citrange troyer dependen del tipo y dosis de fertilizante orgánico al que es sometido y del ambiente en donde se establezca el sistema de producción.

##### **3.1.1. Hipótesis particulares**

1. Los tipos y dosis de fertilizantes orgánicos aplicados al suelo tienen respuestas diferentes en la mejora del suelo según el lugar en donde se desarrolle el sistema de producción.
2. La densidad de bacterias reguladoras del crecimiento vegetal en suelo y rizósfera de Citrange troyer responde de manera distinta según el tipo y dosis de fertilizante orgánico y ambiente (invernadero y vivero) en donde se establezca el sistema de producción.
3. Los tipos y dosis de fertilizantes orgánicos aportados al suelo influyen en la colonización micorrízica de las raíces del portainjerto Citrange troyer.
4. El crecimiento del portainjerto Citrange troyer depende directamente del tipo y dosis de fertilización orgánica incorporada al suelo y del ambiente en donde se establezca el sistema de producción.
5. La mejora al suelo y el crecimiento del portainjerto Citrange troyer son diferentes según el lugar donde se establezca la planta en invernadero y vivero.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Los cítricos

#### 4.1.1. Distribución e importancia

Los cítricos tuvieron sus orígenes en las regiones tropicales y subtropicales de Asia y el Archipiélago Malayo (Swingle, 1943), extendiéndose su hábitat nativo según Swingle (1943) desde el Norte de la India y Centro Norte de China hasta nueva Guinea, Archipiélago Bismarck, Noroeste de Australia y Nueva Caledonia. Todas las plantas conocidas como naranjo dulce, naranjo agrio, o naranjo amargo, así como limones, mandarinas y toronjas (entre otros) pertenecen a los cítricos, y son de los géneros *Citrus* y *Poncirus*, de familias de las Rutáceas y subfamilias Aurantioideas (Gravina, 1981).

Las principales áreas productoras de limas y limones se localizan en cinco países (Figura 1). México ocupa el primer lugar entre los países productores de cítricos con 15.88%, seguido por la India con 11.92%, Argentina 10.44%, España 9.27%, Irán 9.05% y el 43.44% restante lo ocupan otros países que tienen menor producción (Pérez, 2007).

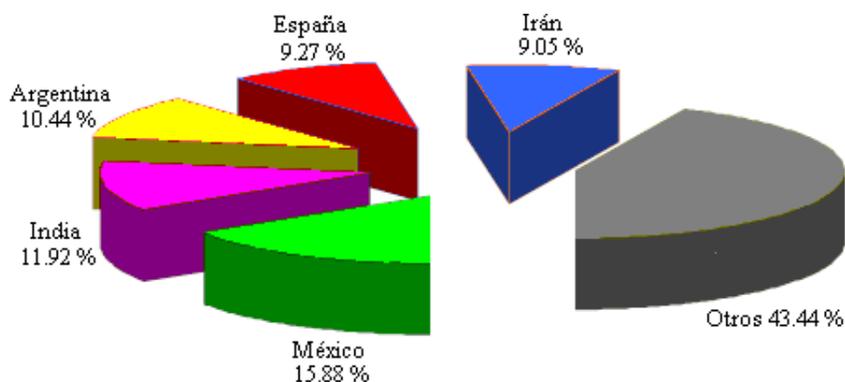


Figura 1. Distribución porcentual de países productores de limas y limones.

La importancia de los cítricos radica principalmente en que sus frutos se utilizan de manera cotidiana en la alimentación y en la industria, debido a su valor nutritivo y medicinal, además de la cantidad de valiosos productos y subproductos que se obtienen en el proceso de industrialización (OIRSA, 2001). Los cítricos se consumen en fresco, como bebidas, condimentos, postres, mermeladas, jaleas, conservación de alimentos. En el proceso de

industrialización de los cítricos se obtienen preparados de concentrados, fabricación de ácido cítrico y pectina; la cáscara se utiliza para la obtención del aceite y elaboración de cosméticos (Pérez, 2007).

Las exportaciones totales de “Limonos y Limas” del mundo para el año 2006 fueron de \$1 310 miles de millones de dólares. Con un crecimiento anual, entre 2002-2006 del 11% y los principales países exportadores de limas y limones son España con 26%, México 16%, Argentina 15%, Turquía 11%, Estados Unidos 7% y los Países Bajos con el 6%. Los principales países importadores son EEUU con 14% de participación en el mercado, seguido por Rusia y Alemania con el 9% respectivamente; mientras que Francia, Holanda, y Reino Unido tienen el 7%; Italia y Polonia tienen el 6 y el 5% respectivamente. A nivel continental, para el año 2006 Europa recibió el 51% del mercado total de las importaciones de limas y limones (Linares, 2006).

La citricultura en nuestro país, representa una actividad de gran importancia ya que cuenta con una superficie cosechada de 540 671.24 hectáreas, los cuales generan un volumen de producción anual de 7 390 110.96 toneladas de fruta, con un valor de producción estimado de \$ 9 838 747 824.57 pesos (SIAP-SAGARPA, 2010). De la superficie establecida, el 68.5% corresponde a naranja, un 20.5% de la superficie total es de limón mexicano, el cultivo de limón persa representa un 5.2% y el 3.2% corresponde a toronja (Trujillo-Arriaga *et al.*, 2008).

La producción de cítricos se encuentra distribuida en 23 Estados de la República Mexicana, de los cuales Veracruz tiene una superficie cultivada de 230 144.01 hectáreas, generando un rendimiento económico anual de \$ 4 094 172 982.41, Puebla tiene 24 034.5 hectáreas sembrada generando ingresos de \$ 427 564 465.16, Yucatán tiene una plantación establecida de 20 590.61 hectáreas y genera una producción económica de \$ 366 298 993.2, Oaxaca tiene una superficie sembrada de 21 788.5 hectáreas generando una producción de \$ 387 608 993.29, Tabasco ocupa una superficie sembrada de 14 095.01 hectáreas generando una producción económica de \$ 250 744 779.88 (SIAP-SAGARPA, 2010).

#### **4.1.2. El vivero de cítricos en México**

El establecimiento y manejo de cítricos en vivero, es una fase importante en el proceso de producción de plantas con fines comerciales, ya que permiten obtener portainjertos y variedades de cítricos en menor tiempo, con mayor capacidad de producción y mejor adaptación a condiciones adversas. En México, existen un total de 344 viveros, con una producción de planta terminada de 5 688 587 (Contreras, 2007). Según SAGARPA (2010), en nuestro país existen 64 viveros que producen plantas certificadas y se encuentran distribuidos en Baja California (1), Chiapas (1), Colima (10), Guerrero (2), Jalisco (2), Michoacán (16), Nuevo León (1), Oaxaca (6), Puebla (1), San Luis Potosí (1), Sinaloa (1), Sonora (2), Tabasco (1), Tamaulipas (2), Veracruz (7), Yucatán (10).

En todos estos viveros, se producen 14 diferentes portainjertos tolerantes a diversas enfermedades (Virus de la Tristeza de los Cítricos, Gomosis, Phytophthora), y a diferentes condiciones de ambiente (sequía, frío, condiciones salinas, calizas, etc.). Entre estos portainjertos están Citrange Carrizo, Citrange Mortón, Citrange Troyer, Citrange Yuma, Citrange C-32, Citrange C-35, Citrumelo Swingle, Citrus Volkameriana, Flying Dragón, Lima Rangpur, Limón Rugoso, Mandarina Cleopatra, Mandarina Sunki y Poncirus trifoliata (Robles-García *et al.*, 2008).

##### **4.1.2.1. Proceso de producción de portainjertos**

El proceso de producción de portainjerto incluyendo Citrange troyer, según Proserco, (2003) consta de varios procesos, los cuales se describen a continuación:

1. Extracción de semilla: Para obtener la semilla de portainjertos seleccionados, se recolectan las frutas maduras y caídas al suelo de plantas sanas producidas de manera protegidas. Se realiza un corte por la mitad de la fruta, sin dañar las semillas, las cuales se recolectan y someten a 2 ó 3 lavadas con agua limpia, para finalmente ponerlas a secar a la sombra.
2. Germinación: La germinación se cumple en un periodo variable. Generalmente se inicia entre los 20 a 30 días y se completa a los 45 días, siempre y cuando se mantenga una temperatura promedio de 25 °C.

3. **Transplante:** Las plantas germinadas permanecen en el almácigo por un tiempo variable, entre 8-10 meses, de acuerdo a las condiciones ambientales y a los cuidados que se les prodiga durante el crecimiento del semillero. Cuando tienen un mínimo de 20-30 cm es la época ideal para realizar el transplante a macetas de plástico negro.
4. **Injertación:** Esta operación se realiza una vez que el portainjerto o patrón alcanza el grosor y altura del tallo deseado, tomando un tiempo aproximado de 12 meses para conseguir estas características. La yema injertada toma señales de prendimiento a los 15 días de realizada la operación. Las hojas en el injerto comienzan a brotar a los 30 o 45 días aproximadamente.
5. **Desarrollo de injerto:** La mayoría de los viveros obtienen plantas injertadas de cítricos a la edad de 6 a 8 meses después de realizado el injerto. El brote del injerto debe conducirse verticalmente, procurando que no se formen ramas laterales. Para el efecto, es necesario amarrar el brote junto a la parte superior del patrón.

Una vez terminado el proceso es necesario realizar una fertilización adecuada, eliminar malezas y controlar las plagas y enfermedades para obtener plantas vigorosas y sanas, lista para su transplante.

#### **4.1.2.2. Importancia del uso de portainjertos en cítricos**

El uso de nuevos portainjertos de cítricos, se incrementó en las últimas décadas para controlar el daño de los organismos fitopatógenos como *Phytophthora* (hongo que causa la producción del raíz o gomosis de los cítricos) y el virus de la tristeza de los cítricos (VTC), pero el ataque y la resistencia va a depender de los portainjertos que se utilicen en el sistema de producción (Alarcón, 1997).

La búsqueda de nuevos portainjertos contribuye a mejorar las plantaciones citrícolas por medio de la tolerancia a enfermedades y a condiciones adversas del suelo y clima, además permiten ampliar las áreas citrícolas hacia regiones donde los cítricos normalmente no se desarrollan de manera adecuada (Curti-Díaz *et al.*, 2000).

Dentro del potencial productivo, la edad de las plantaciones y el uso de material vegetativo tienen un importante papel en la productividad (Covarrubias, 2004), por ello la producción de plantas como portainjertos mediante la injertación de yemas maduras provenientes de árboles en producción, pueden reducir el periodo juvenil o improductivo del árbol, por lo que su fase reproductiva se puede dar el primer año después de establecer las plantaciones en los huertos (Alarcón, 1997). Así mismo, se favorece la calidad de la fruta mejorando la producción e induciendo mayor cosecha (SAGARPA, 2005).

En el Cuadro 1 se presenta una lista de 10 portainjertos y la capacidad que presentan para adaptarse a problemas físico-químicos del suelo tales como condiciones de calizas, la salinidad, asfixia radicular, resistencia al frío y a la sequía. Entre los 10 portainjertos los Citrange son los más sensibles a las condiciones del suelo antes mencionado; al respecto Citrange troyer se comporta sensible ante los problemas calcáreos, a la salinidad y a la sequía, pero presenta una tolerancia media a las condiciones de heladas o el frío (Agustí, 2003; SAGARPA, 2005).

Cuadro 1. Comportamiento de los principales portainjertos usados en cítricos frente a las condiciones del medio.

Portainjertos	Condiciones				
	Caliza	Salinidad	Asfixia radical	Heladas	Sequía
Naranja agrio	R	Rm	R	R	Rm
Naranja dulce	MS	S	S	Rm	S
Mandarina Común	R	Rm	R	Rm	Rm
Mandarina Cleopatra	R	MR	S	R	Rm
Naranja trifoliado	MS	S	MR	MR	S
Citrange carrizo	S	S	S	R	S
Citrange troyer	S	R	S	Rm	S
Volkameriana	R	Rm	S	Rm	-
Citrumelo CPB 4475	MS	Rm	MR	Rm	-
Macrofila	R	R	S	MS	R

MR: Muy resistente; Rm: Resistencia media; R: Resistente; S: Sensible; MS: Muy sensible

Fuente: Adaptado de Gravina, 1981; Llanos, 1998; Forner, 1979; Curti-Díaz *et al.*, 2000; Agustí, 2003; SAGARPA, 2005.

Los diferentes portainjertos pueden presentar susceptibilidad o resistencia a los ataques por nemátodos y por las enfermedades causadas por hongos (Cuadro 2), los cuales pueden afectar considerablemente las producciones de las plantaciones. De los 10 diferentes portainjertos mostrados en el cuadro 2, Citrange troyer también se comporta susceptible ante *Armillaria mellea* pero muestra una resistencia media a *Phytophthora* sp. Así mismo muestra resistencia hacia los ataques por nemátodos.

En los cítricos, el ataque de virus posee gran importancia por sus efectos negativos sobre el crecimiento y desarrollo de los arboles, el empleo de portainjertos tolerantes a enfermedades pueden reducir los daños o evitar su presencia (Alarcón, 1997). Los portainjerto utilizados tiene diferentes comportamiento a las enfermedades virales, Citrange troyer muestra características tolerantes al Virus de la Tristeza, a la Psoriasis, la Xyloporosis y a la Gomosis, pero se muestra susceptible a la Exocortis (Cuadro 3).

Cuadro 2. Comportamiento de los principales portainjertos usados en cítricos frente a las enfermedades.

Portainjertos	Enfermedades por hongos			Nemátodos
	<i>Phytophthora</i> sp.	<i>Armillaria mellea</i>	<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	
Naranja agrio	R	R	S	S
Naranja dulce	Ms	S	S	-
Mandarina Común	Ms	-	-	-
Mandarina Cleopatra	Rm	S	S	S
Naranja trifoliado	MR	Rm	R	-
Citrange carrizo	Rm	S	S	-
Citrange troyer	Rm	S	-	R
Volkameriana	Rm	-	S	S
Citrumelo CPB 4475	R	-	R	MR
Macrofila	MR	-	S	S

MR: Muy resistente; Rm: Resistencia media; R: Resistente; S: Sensible; MS: Muy sensible  
Fuente: Adaptado de Forner, 1979; Curti-Díaz *et al.*, 2000; Agustí, 2003; SAGARPA, 2005.

Cuadro 3. Comportamiento de los principales portainjertos usados en cítricos frente a virosis y enfermedades afines.

Portainjertos	Enfermedades por virus				
	Tristeza	Exocortis	Psoriasis	Xyloporosis	Gomosis
Naranja agrio	S	T	T	T	-
Naranja dulce	T	T	S	T	-
Mandarina Común	T	T	T	S	-
Mandarina Cleopatra	T	T	T	T	S
Naranja trifoliado	T	S	T	T	TT
Citrango carrizo	T	S	T	T	-
Citrango troyer	T	S	T	T	T
Volkameriana	T	T	-	S	T
Citrumelo CPB 4475	T	T	T	T	TT
Macrofila	S	T	-	S	TT

TT: Muy tolerante T: Tolerante; S: Sensible.

Fuente: Adaptado de Forner, 1979; Curti-Díaz *et al.*, 2000; Agustí, 2003; SAGARPA, 2005.

#### 4.1.2.3. Origen y características de Citrange troyer

Los Citranges son híbridos intergenéricos obtenidos por la cruce de *Poncirus trifoliata* x *Citrus sinensis*., realizado en 1909 por su obtentor Savage, en Estados Unidos (Agustí, 2003).

El género *Poncirus*, posee una sola especie, *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. Es un árbol de tamaño medio, de ramificación profusa, con hojas trifoliadas, es la única especie de hoja caduca y presenta una elevada resistencia a las bajas temperaturas. Produce fuertes y largas espinas en las axilas de las hojas. Sus flores son globosas, con cinco sépalos, cinco pétalos y numerosos estambres que se curvan hacia afuera desde la base del ovario. Los frutos son pubescentes, formados por 8-13 carpelos soldados, y de sabor amargo. Sus semillas son globosas, de superficie rugosa y poliembriónicas. Actualmente se utiliza como portainjertos (Agustí, 2003).

El género *citrus* posee 16 especies de hoja perenne, de las cuales destacan los géneros *citrus latifolia* L. (Lima Taití) *medica*, *Citrus limón* (L.) Burm. (Limonero), *Citrus reticulata* Blanco. (Mandarina), *Citrus grandis* (L.) Osb. (Pummelo), *Citrus paradisi* Macf. (Pomelo), *Citrus aurantifolia* (Christm) Swing. (Lima mexicana), *Citrus sinensis* (L.) Osb. (Naranja dulce) y *Citrus aurantium* L. (Naranja amargo). (Agustí, 2003).

Las características fenotípicas de Citrange troyer indican que son arboles de porte semejante al naranjo dulce, grandes, vigorosos, productivos, con ramas delgadas provistas de espigas, con follaje de densidad media, perenne, o casi perenne. Las hojas son de tamaño mediano, generalmente trifoliadas, y de color verde oscuro (Salazar, 2001).

Los frutos son de color anaranjado pálido con superficie casi sin vellos, lisa o ligeramente rugosa; tienen forma esférica o achatada, y tamaño pequeño, cinco a siete centímetros de anchura y cuatro a nueve centímetros de altura. Base y ápice del fruto redondeado, provisto de aureola, cuya zona es ligeramente rugosa; la existencia de ombligos es rara. Corteza de mediano espesor, suave y adherente, albedo de color amarillo pálido (Salazar, 2001).

Los gajos de membranas gruesas son nueve o 10 con un eje central sólido de tamaño mediano. La pulpa es de color amarillo pálido, jugoso, aromático, muy ácido y algo amarga, esta formada por vesículas fusiformes delgadas. El fruto contiene 15 o más semillas, con muchos embriones nucleares (Salazar, 2001).

El Citrange troyer es rústico, da buenas características a los naranjos dulces que en él se injertan y producen frutos de buena calidad. Tienen un comportamiento ideal en viveros, las plantas son uniformes y vigorosas, se desarrollan rápidamente, antes y después del injerto; da arboles vigorosos de rápido desarrollo y tamaño uniforme, sin embargo no es recomendable para limonero (Salazar, 2001).

Los frutos de los arboles injertados son grandes, de buena calidad y cantidad aceptable. Troyer promueve una última brotación que continúa su crecimiento hasta la llegada de los fríos invernales, lo cual en caso de heladas severas y tempranas, puede causar mayores problemas que injertados sobre otros patrones. Si la temperatura desciende en forma paulatina, el problema desaparece (Salazar, 2001).

La eficiencia productiva del patrón troyer depende de diversos factores. Joublan & Cordero (2002), al evaluar la eficiencia de diferentes portainjertos en mandarinos, encontraron que Citrange troyer disminuyó la calidad de los frutos, en cambio en Citrange carrizo y Citrumelo,

prevalecieron las características varietales obteniéndose un mayor rendimiento. En esta misma investigación, se demostró que en naranjo cv. Salustiana el portainjerto carrizo indujo mayor contenido de jugo y grosor de pericarpio; el número de frutos y la producción por árbol fue mayor sobre Citrange troyer.

Medina-Urrutia *et al.*, (2008) al evaluar el comportamiento del limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Christm Swingle) sobre algunos portainjertos, encontraron que Citrange troyer al igual que Macrofila presentaron mejores alturas (4.5 y 4.6 m), y el portainjerto Taiwanica fue el más bajo (4m). En cuanto al rendimiento del fruto, limón injertado sobre Citrange troyer fue el menos productivo con 94 kg/árbol<sup>-1</sup> mientras que el limón injertado sobre macrofila fue el mejor con 227kg/árbol<sup>-1</sup>.

Pérez-Zamora *et al.*, (2002) estudiaron el crecimiento de naranja Valencia injertada en 16 portainjertos de cítricos, los resultados mostraron que Citrange troyer (variedad C-32) no fue el mejor portainjerto, ya que se ubico en el decimo lugar respecto a la altura obtenida (3.38 m), siendo el mejor el portainjerto Volkameriana con 3.84 m (evaluados por 4 años). El mayor diámetro lo presento el portainjerto Amblicarpa con 19.07 cm, mientras que troyer se ubicó en el séptimo lugar con 17.10 cm.

#### **4.1.3. Propagación**

Los cítricos se propagan por vía sexual o asexual (acodo, estaca, e injerto). La propagación sexual, se da por la utilización de semillas obtenidas de las mismas plantas, de la cual se obtienen plantas rústicas, vigorosas y con mucha variabilidad genética; es difícil hacer germinar las semillas y por ello se recomienda cosechar la fruta lo más próximo a la siembra, ya que ésta pierde rápidamente su poder germinativo. La mayoría de los portainjertos incluyendo Citrange troyer se reproducen por semillas, ya que es usada exclusivamente como patrones de diversos cítricos como naranjas, mandarinas y limones (Hartmann & Dale, 1989).

La reproducción asexual se da al utilizar los acodos, las estacas y los injertos; esta propagación por injertos es la más utilizada en todas las regiones productoras de cítricos en el mundo. En esta reproducción vegetativa (asexual) se obtienen plantas idénticas a las plantas

madres, las cuales pueden acelerar su proceso de producción y mejorar la calidad del fruto; para ello es necesario seleccionar los árboles vigorosos y sanos, de la variedad que se va utilizar, las más utilizadas en nuestro país son Mandarina Cleopatra, Citrus Volkameriana y Limón Rugoso. La reproducción vegetativa se utiliza principalmente para la propagación de las variedades comerciales (Salazar, 2001).

#### **4.2. Uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en cítricos**

La fertilidad de los suelos agrícolas se mejora principalmente con la adición de fertilizantes inorgánicos (químicos), los cuales afectan al suelo en un tiempo determinado. Uno de los efectos negativos es el agotamiento del suelo, ya que este recurso representa la base de la producción de alimentos, incluyendo la producción citrícola y de otras comodidades básicas, tanto en las comunidades rurales como en las urbanas (Méndez & Viteri, 2007).

La fertilización orgánica va dirigida a nutrir y enriquecer el suelo, a sustituir los nutrientes extraídos por cosechas anteriores o que se han perdido por arrastre de la escorrentía superficial y corregir las carencias del sustrato (OIRSA, 2003). Los fertilizantes orgánicos se clasifican de acuerdo a los materiales utilizados como: residuos vegetales, residuos animales, células vivas, sustancias líquidas. Los residuos vegetales y animales derivados de los procesos de producción agrícolas e industriales, pueden ser utilizados para estimular la calidad biológica-física y química de un suelo (FAO, 2002; Mora, 2006).

La productividad de las plantaciones citrícolas, actualmente está basada en fertilizaciones inorgánicas; sin embargo, la aplicación excesiva de estos fertilizantes contaminan el medio ambiente y resultan costosos para el productor (Karlidag *et al.*, 2009). En vista de todos los problemas que se generan con la utilización de fertilizantes químicos, las bacterias que se examinan en este estudio podrían aplicarse a suelos agrícolas, solo o en combinación con otros productos para lograr una producción agrícola sustentable-ecológica de la región.

#### **4.2.1. Efecto en las propiedades del suelo**

El uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos tiene diversos efectos en las propiedades químicas del suelo y en la microflora que se encuentran en el suelo y la rizósfera, los cuales se ven reflejados en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

##### **4.2.1.1. Efecto en las propiedades químicas del suelo**

Estas propiedades se refieren al potencial hidrogeno (pH), contenido de materia orgánica (Rick, 2000) y contenidos de los nutrimentos esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, que se relacionan con el crecimiento de la planta y con la disponibilidad de los mismos (Honorato, 2000). Estas propiedades influyen en la densidad de las poblaciones microbianas, en la biodiversidad de las bacterias reguladoras del crecimiento vegetal y hongos benéficos asociados simbióticamente con la rizósfera.

###### **4.2.1.1.1. pH del suelo**

La forma en que la solución del suelo reacciona determina la acidez, la alcalinidad o neutralidad de la misma. Algunos suelos poseen mayor cantidad de iones hidrógeno ( $H^+$ ) que hidroxilo ( $OH^-$ ), este hecho le confiere un carácter más ácido, los cuales pueden aumentar o disminuir el contenido de microorganismos benéficos presentes en la rizósfera. Otros suelos poseen mayor cantidad de iones hidroxilos que iones hidrógenos, por ello son denominados suelos alcalinos o básicos. El suelo neutro es aquel que tiene igual concentración de iones hidrógeno y de iones hidroxilo (Porta *et al.*, 1999).

El rango típico de pH (Potencial Hidrógeno) de los suelos, se encuentra entre fuertemente ácido (pH<5.0), moderadamente ácido (5.1-6.5), neutro (6.6-7.3), medianamente alcalino (entre 7.4-8.5) y fuertemente alcalino (pH>8.5). Las bacterias en general, son afectadas negativamente por pH bajos clasificados como ácidos (Gliessman, 2002).

La aplicación de abonos orgánicos como fertilizante (composta y vermicomposta) permitieron cambiar el pH del suelo cultivado con cacao de moderadamente ácido (6) a neutro (7) (Fraire, 2008). Según Pool-Novelo *et al.*, (1999), la incorporación de pollinaza con una dosis de 10 ton  $ha^{-1}$  a suelo cultivado con maíz, permite incrementar el pH desde 4.8 hasta 6.2. En este rango

se tienen condiciones favorables para la disponibilidad de P en el suelo sin generar antagonismo con otros nutrimentos.

Fassbender & Bornemisza (1978), indican que en suelos con pH de 5.5 disminuye drásticamente la retención de P, y en estas condiciones predominan fosfatos de calcio y disminuyen los fosfatos de hierro y aluminio. Según Black (1975), para suelos con pH entre 5.0 y 7.2, el ortofosfato en el suelo oscila entre 99 y 50%, siendo una de las principales formas asimilables de P por las plantas.

#### **4.2.1.1.2. Materia orgánica**

Está formada por tejidos de plantas y animales en diversos grados de descomposición. Los beneficios de la materia orgánica en suelos agrícolas son físicos, químicos y biológicos, ya que mejoran la estructura, evitan la compactación y la erosión, aumentan la retención de humedad (López *et al.*, 2001), mejora la capacidad de intercambio catiónico (Castellanos *et al.*, 1996) y aporta los nutrimentos necesarios para las plantas por medio de los microorganismos (Rick, 2000), que utilizan los compuestos orgánicos como fuente de alimento (Cabrera & Kissel, 2005; Lamm & Schlegel, 2000) favoreciendo la liberación de los nutrimentos en sus formas asimilables.

Así mismo, la mayor cantidad de macronutrimentos (N, C, P) se encuentran en la materia orgánica del suelo, así como cantidades considerables de micronutrientes (boro, zinc, Mg, etcétera). La mineralización de la materia orgánica como residuos de cultivos (cacao, café, arroz, trigo, caña), hojarascas, residuos de podas, estiércol (pollo, borrego, puerco, etc.) y compostas; pueden contribuir en gran parte a la demanda de nutrientes (Vaast & Snoeck 1999), ya que la energía disponible en forma de carbohidratos son utilizados por bacterias fijadoras de N<sub>2</sub> transformándola en su forma asimilable (Silva *et al.*, 1992).

Estudios realizados por Fraire (2008), al evaluar los efectos de abono orgánico a base de composta (cascarilla de cacao, plátano, cocohite, follaje de frijol pelón y tierra común) fermentado durante tres meses, y aplicado en dos fracciones de 4 kg/árbol en plantaciones de

cacao, favoreció los contenidos de materia orgánica del suelo aumentando de 3.82% (testigo absoluto) a 8.2%, respectivamente.

#### **4.2.1.1.3. Nitrógeno en el suelo**

El nitrógeno (N) es el macronutriente que más requieren las plantas (Tisdale & Nelson, 1982), su importancia radica en su abundancia ya que solo es superado por el carbono, hidrógeno y oxígeno. El 78 % del N se encuentra en la atmósfera como  $N_2$  (Coyne, 2000) y este es la fuente natural del N que utilizan los cultivos en sus procesos fisiológicos, ya que forma parte indispensable de la molécula de clorofila, donde tienen lugar importantes reacciones fotosintéticas (Salisbury & Ross, 1994).

El N del suelo se deriva del N atmosférico, los microorganismos del suelo, sean de vida libre o asociados simbióticamente con plantas fijan  $N_2$  que no es aprovechable para las plantas (N inorgánico) formando N orgánico o mineral. Las poblaciones bacterianas se encargan de transformar el N orgánico a N inorgánico o mineral (forma asimilable por las plantas) por medio de los procesos de mineralización e inmovilización (Salazar *et al.*, 2003). Otra parte del  $N_2$ , es capturado por microorganismos asociados a las leguminosas (Osorio, 2004).

En el proceso de mineralización, los microorganismos utilizan la energía liberada y los nutrientes esenciales contenidos en la materia orgánica. Cuando los organismos han usado todos los nutrientes que necesitan, el exceso es liberado al suelo en forma inorgánica y que son utilizados por las plantas. Este proceso microbiológico se ve afectado por la temperatura, porcentaje de humedad, pH, tipo de suelo, composición química-mineralógica y manejo del suelo (Myers *et al.*, 1994).

El N inorgánico que puede ser asimilado por las plantas se encuentran en forma de amonio ( $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ), nitrato ( $NO_3^-$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ), óxido nítrico (NO) y  $N_2$ . Las tres primeras formas son las más importantes en la fertilidad del suelo y provienen de los fertilizantes o de la descomposición de la materia orgánica (Villalobos *et al.*, 2002).

Otra fuente de N en los ecosistemas agrícolas, además de las fertilizaciones orgánicas (estiércoles, residuos vegetales, compostas, entre otros), están las aplicaciones de fertilizantes inorgánicos (químicos); y altas dosis de fertilizantes químicos aplicados a los cultivos causan problemas ambientales, ya que no todo el fertilizante es aprovechado por las plantas. En el caso de fertilizantes nitrogenados, parte del nitrógeno se pierde como nitratos por lixiviación, los cuales pueden llegar hasta los cuerpos de agua; una acumulación alta de nitratos en ríos puede conducir a la eutroficación, mientras que altas concentraciones de nitratos en mantos acuíferos puede provocar toxicidad aguda en seres humanos, sobre todo en infantes y esta enfermedad es conocida como metahemoglobinemia o “enfermedad del niño azul” (Sasson, 1993; Bryson & Boeckman, 1989).

#### **4.2.1.1.4. Fósforo en el suelo**

El fósforo después del nitrógeno, es el nutriente inorgánico más requerido por plantas, pero en el suelo, es el factor limitante del desarrollo vegetal a pesar de que puede encontrarse en formas orgánicas e inorgánicas en la solución del suelo o en la fracción sólida (Alexander, 1980). El fósforo del suelo se presenta casi exclusivamente como ortonitrógenos derivados del ácido fosfórico,  $H_3PO_4$ , Ca y Al. Los compuestos formados pueden encontrarse en forma de sales en solución, sales cristalinas o sales absorbidas por los coloides del suelo.

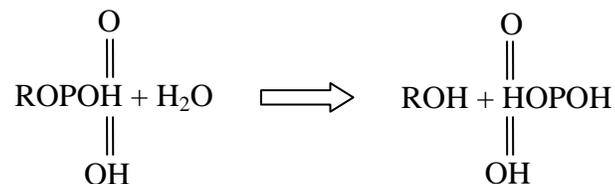
El ion fosfato puede, además, ser directamente absorbido por los coloides del suelo o puede formar enlaces de gran estabilidad con los hidróxidos de Fe, Al o Mn que forman parte de los coloides del suelo (fósforo fijado). Las principales formas de fosfatos orgánicos son el fosfato de inositol y los ácidos nucleicos. Las formas de los fosfatos inorgánicos son los fosfatos de calcio: hidroxiapatita [ $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(OH)_2$ ], oxiapatita [ $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaO$ ], fluorapatita [ $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2$ ], carbonatoapatita [ $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCO_3$ ], fosfato tricálcico [ $3Ca_3(PO_4)_2$ ], fosfato dicálcico [ $CaHPO_4$ ], fosfato monocálcico [ $Ca(H_2PO_4)_2$ ]; fosfatos de hierro: vivianita [ $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ ], strengita [ $FePO_4 \cdot 2H_2O$ ]; fosfatos de Aluminio: variscita [ $AlPO_4 \cdot 2H_2O$ ] (Tsai & Rosetto, 1992).

Las plantas deben absorber el P del suelo en sus formas inorgánicas, cuando el contenido de P se encuentra en bajas concentraciones, entre 5 y 30  $mg\ kg^{-1}$ . Estos índices bajos del nutriente

se deben a que el fósforo soluble reacciona con iones como el calcio, el hierro o el aluminio que provocan su precipitación o fijación, disminuyendo su disponibilidad para los vegetales (Rodríguez & Fraga, 1999).

El principal mecanismo microbiológico por el cual los compuestos fosfatados son movilizados es la disminución del pH del medio por la liberación de ácidos orgánicos (Alexander, 1980), en el cual participan diversas bacterias solubilizadoras de fosfato pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Micrococcus*, *Aerobacter*, *Flavobacterium*, *Erwinia* (Nahas, 1996; Kumar *et al.*, 2001), *Thiobacillus*, *Mycobacterium*, *Nitrobacter*, *Escherichia*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Sclerotium*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Streptomyces* (Alexander, 1980).

Se han descrito otros posibles mecanismos que incluyen la eliminación de protones afuera de la célula y su intercambio con cationes unidos al fósforo o la producción de ácidos inorgánicos como el ácido sulfhídrico, el ácido nítrico o el ácido carbónico (Rodríguez & Fraga, 1999). Para que el P sea aprovechado debe encontrarse en forma inorgánica soluble, la fosfatasa cataliza la reacción:



Al separar el P de los sustratos orgánicos las enzimas lo ponen a disposición de las plantas en forma de ácido fosfórico, el cual es utilizado como una fuente de energía en todos los procesos bioquímicos (Fassbender & Bornemisza, 1978) y solo los fosfatos mono y dicálcico son fácilmente asimilable por las plantas.

#### 4.2.1.1.5. Potasio en suelo

El potasio (K) es un elemento esencial, tanto en los animales como en las plantas. Los requerimientos por las plantas lo ubican en el quinto lugar después del C, O, H y N (Marschner, 1995). En la corteza terrestre, el K es uno de los elementos más predominantes y su concentración en la litósfera en promedio es de 2.6 % (Sparks & Huang, 1985).

La mayor parte del K que se encuentra disponible para las plantas es de origen inorgánico, ya que se forma a través del intemperismo de las rocas, por esto, en suelos orgánicos es posible encontrar el contenido más bajo de K (< 0.03%). Este elemento se encuentra en los minerales primarios como los feldespatos ( $\text{KAISi}_3\text{O}_8$ ) o en formas de micas como la muscovita ( $\text{H}_2\text{KAl}_3(\text{SiO}_4)_3$ ) o biotita ( $\text{H, K}_2(\text{Mg, Fe})_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ ). El K está presente en una fracción muy pequeña de la solución del suelo, que oscila entre 0.1 y 100  $\text{mg L}^{-1}$  de solución.

El potasio se encuentra en todo el tejido vegetal, es importante en el proceso de la fotosíntesis; además, este elemento es un componente importante de los suelos fértiles, es absorbido en grandes cantidades por las plantas en forma iónica ( $\text{K}^+$ ) (Fuentes, 2002). De acuerdo al aprovechamiento por las plantas, según Salomón, (1998) el K se clasifica de la siguiente manera:

*Potasio no intercambiable (K<sub>ni</sub>)*. Parte del K que se encuentra retenido con una energía de retención alta en sitios específicos en la periferia de la estructura de las arcillas micáceas y que no están disponibles para las plantas.

*Potasio intercambiable (K<sub>i</sub>)*. Este K, está retenido en las arcillas del suelo en forma electrostática, y neutraliza las cargas negativas que resultan de las sustituciones isomórficas en su estructura. Esta forma se considera como la principal fuente primaria de K para la absorción de los cultivos. Los suelos con bajo contenido de arcillas, presentan valores bajos de K<sub>i</sub> y pueden ser modificados por el manejo y la composición mineralógica de los suelos.

*Potasio en la solución del suelo (K<sub>s</sub>)*. La solución del suelo es el medio de donde las plantas absorben los nutrimentos (K). La concentración de K en la solución es muy importante, ya que a mayor concentración, mayor cantidad de K intercambiable. Este proceso es afectado por la humedad, la temperatura y las características físicas-químicas del suelo. En condiciones de campo, la composición de la solución del suelo varía de acuerdo a las propiedades del suelo, contenido de agua y a la proporción de nutrientes extraídos por la planta.

#### 4.2.2. Efecto en el crecimiento y la nutrición de la planta

Cuando se adiciona algún sustrato orgánico al suelo, se inicia la descomposición por medio de los microorganismos que se encuentran en el suelo, luego inicia el proceso de mineralización, donde los microorganismos descomponen la materia orgánica para obtener energía. Estos microorganismos usan parte de la energía liberada y los nutrientes esenciales contenidos en la materia orgánica, cuando los organismos han usado todos los nutrientes que necesitan, el exceso es liberado al suelo en forma inorgánica para ser utilizado por las plantas (Osorio, 2004). Este proceso esencialmente microbiológico está influenciado por la temperatura, la humedad, el pH, la textura, estructura, composición química, mineralógica y manejo del suelo, así como por las actividades microbianas (Myers *et al.*, 1994; Becker *et al.*, 2008).

Cuando se adiciona sustratos orgánicos como turba ácida, cachaza y zeolita (proporción 40:40:20) a un suelo de vivero cultivado con plantas de Anturio (*Anthurium andreaeanum* var. Tropical) permite mejorar la altura desde 3.3 cm (testigo) a 4.7 cm a los 11 meses del periodo vegetativo (Corbera *et al.*, 2008).

Ramírez *et al.*, (1998) evaluaron fertilizantes orgánicos e inorgánicos en sorgo, el orgánico consistió en sustancias húmicas y el inorgánico fue adicionada con ácido fítico. Las sustancias húmicas lograron un mayor incremento de la biomasa aérea seca (peso), tuvo mayor altura de la planta y mayor área foliar.

En un estudio se observó que cuando se adicionan fertilizantes orgánicos e inorgánicos (75 kg N/ha) a cultivos de pastizales permiten incrementar la materia seca total respecto a los pastos sin fertilizantes (1 897 kg/ha); donde la mayor cantidad de materia seca total lo presentó la fertilización orgánica con 10 171 kg/ha, mientras que la fertilización inorgánica resultó con una producción de 7 997 kg/ha en un lapso de 10 meses (Parfitt *et al.*, 2005).

La incorporación de gallinaza (3 ton ha<sup>-1</sup>), vermicomposta (3 ton ha<sup>-1</sup>), y fertilizante químico a base de N-P-K (165-200-300) a un suelo cultivado con papa (*Solanum tuberosum* L.), los mejores rendimientos de materia seca se obtuvieron al aplicar la pollinaza (20.87%) y la vermicomposta (20.86%), siendo 0.4 y 0.5 % mayor que el testigo (20.37%), mientras que la

fertilización química indujo menor acumulación de materia seca con 18.85% (Romero-Lima *et al.*, 1999).

La incorporación al suelo de fertilizantes inorgánicos aportan algunos elementos nutritivos, pero los residuos químicos como las sales, ocasionan la salinización y compactación del suelo por las condiciones climáticas y de suelo, además incrementan los problemas en el drenaje, en la adsorción de nutrientes por la solución suelo y en la absorción equilibrada de nutrientes por las plantas (Szott *et al.*, 1993).

Osorio (2004), menciona que cada año se incrementa la cantidad de fertilizantes a aplicar, debido a la menor eficiencia de adsorción en el suelo y absorción en la planta. Además que al suministrar sólo estos nutrientes a la planta se produce el desbalance en el metabolismo interno, provocando mayor susceptibilidad a enfermedades y ataque de plagas; esto conduce a un mayor uso de insumos y por lo tanto a un incremento en la compra de agroquímicos como fertilizantes, plaguicidas, fungicidas, entre otros.

El Nitrato de Potasio, en aplicaciones foliares de entre 20 y 36 g.L<sup>-1</sup>, ha sido utilizado en las primeras fases del desarrollo de los frutos para incrementar el tamaño sin afectar la calidad (Wutscher & Smith, 1996). Chapman, 1964 observó que las aplicaciones de Nitrato de Potasio, si bien no produjeron un incremento en la producción, tuvieron un efecto sobre el tamaño de los frutos aunque con disminución de la calidad, ya que presentaron frutos excesivamente grandes y corteza más espesa (Rodríguez *et al.*, 2007).

### **4.2.3. Efecto en el sistema radical**

La incorporación al suelo de fertilizantes orgánicos e inorgánicos pueden influenciar las densidades de microorganismo benéficos que se encuentran hospedados en el suelo y en las raíces, los cuales pueden tener efectos positivos o negativos en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

#### **4.2.3.1. Efecto en los microorganismos de la rizósfera.**

La rizósfera se refiere a una parte del suelo adherida a las raíces, en el cual se genera una interacción dinámica con los microorganismos que se encuentran en dicha zona. La rizósfera alberga una diversidad de la vida en la tierra, incluyendo variedad de genes, especies y comunidades microbianas, que son una herencia natural irremplazable y crucial para el bienestar humano y el desarrollo sostenible (Loreau *et al.*, 2006).

La rizósfera fue definida por Hiltner (1904) cit. por Curl & Truelove (1986) como la zona alrededor de las raíces donde se estimula el crecimiento de los microorganismos benéficos y no benéficos para la planta. El termino rizósfera proviene del prefijo *rhiza* o *rhizo* que significa “raíz” (Curl & Truelove, 1986) y *fera* que significa “alrededor de”; es decir, alrededor de la raíz. En la actualidad se conocen las siguientes zonas de la rizósfera (Figura 2) (Ferrera-Cerrato *et al.*, 1995; Campell & Greaves, 1990; Lynch & Whipps, 1990).

- 1) Exorrizósfera, zona alrededor de la raíz.
- 2) Rizoplano, zona de la superficie de la raíz
- 3) Endorrizósfera, es la zona que involucra la epidermis y las células corticales de la raíz.
- 4) Mucígel, son los segregados orgánicos del interior de la raíz, el carbono es aprovechado por los microorganismos para su alimentación y multiplicación.

La manipulación de la rizósfera ahora se ve como mecanismo dominante para solucionar los problemas críticos que enfrenta el planeta, incluyendo a la sostenibilidad agrícola y del bosque, mejorando la calidad del agua, mitigación del cambio del clima, preservación de la biodiversidad, y producción energética sostenible (Jones & Hinsinger, 2008).

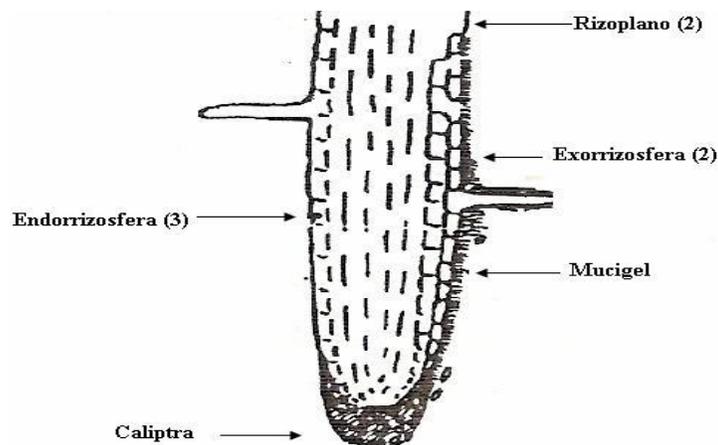


Figura 2. Regiones que forman la rizósfera (Ferrera-Cerrato *et al.*, 1995).

#### 4.2.3.1.1. Bacterias benéficas para las plantas

Las bacterias son organismos unicelulares cuyo tamaño no supera en general de 0.5 a 1  $\mu\text{m}$  de diámetro y 2  $\mu\text{m}$  de largo, son los más numerosos en el suelo, encontrándose en pequeñas colonias, pueden multiplicarse rápidamente por división cada 20 minutos, heterótrofos u aerobios (Porta *et al.*, 1999).

Las bacterias diazotrofas como *Azospirillum*, *Dexia*, *Pseudomonas*, *Beijerenckia*, *Azotobacter*, *Enterobacter*, entre otras, tienen la facultad de promover el crecimiento vegetal a través de la capacidad de propiciar la síntesis de hormonas reguladoras del crecimiento, como el ácido indolacético, así como de inhibir el crecimiento e incidencia de patógenos de hábito radical, mediante la secreción de sustancias tipo antibióticas (Alarcón, *et al.*, 1999; Ferrera-Cerrato *et al.*, 2001).

Según Kloepper *et al.*, (1989) las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR) pueden ser: Bioprotectores (supresión de enfermedades de plantas), Biofertilizantes (aumentar la capacidad de adquisición de nutrientes) y Bioestimulantes (producción de fitohormonas).

El uso de fertilizante inorgánico afecta negativamente las densidades poblacionales de bacterias benéficas para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Deb & Bora, 1996; Osorio,

2004). Ogüt *et al.*, (2005) encontraron que dichos fertilizantes disminuyen la densidad de bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre que están asociados simbióticamente con las raíces de muchas plantas. Pero otras evidencias indican que depende del tipo del fertilizante, la dosis, el cultivo y su manejo dentro del ecosistema (Pérez *et al.*, 2005).

Pérez *et al.*, (2005) al realizar diversas evaluaciones de microorganismos con la aplicación de 150 kg de  $Nha^{-1}$  en 1998, obtuvieron poblaciones de  $107 \times 10^7$  UFC  $g^{-1}$ , sin embargo al incrementar la dosis hasta 200 kg de  $Nha^{-1}$  deprimió considerablemente la población bacteriana hasta llegar a  $50 \times 10^7$  UFC  $g^{-1}$ .

#### **4.2.3.1.2. Hongos micorrízicos arbusculares (HMA)**

Los hongos benéficos que se asocian a las raíces de las plantas son llamados micorrizas y establecen una relación de tipo mutualista con la planta en el que ambos se benefician y ninguno de ellos puede permanecer en su hábitat sin la presencia del otro (Atlas *et al.*, 2002; Gliessman, 2002). Los hongos micorrízicos, aumentan la absorción de nutrimentos pocos móviles, especialmente el fósforo (Mendoza *et al.*, 2002), Zinc, Cobre, (Sieverding, 1991), Azufre, Calcio, Molibdeno y Boro en las plantas (Bolletta *et al.*, 2002; Salamanca & Silva, 1998).

Estos microorganismos son nativos del suelo y contribuyen a la productividad y longevidad de los ecosistemas naturales y agroecosistemas. Los hongos micorrízicos protegen a las plantas por medio de una barrera creada alrededor de la raíz y por la producción de sustancias antibióticas que inhiben la acción de patógenos (Elsen *et al.*, 2001) y de nemátodos que pueden afectar el sistema radical (Sieverding, 1991).

Una vez que los HMA colonizan una parte de la raíz el agente patógeno que se encuentre en ella es excluido, Gosling *et al.*, (2006) mencionan que el control es más efectivo cuando la colonización tiene lugar antes que los patógenos, además Dehne (1982), indica que las interacciones simbióticas planta-micorriza varían de acuerdo a las características genotípicas del hospedante y el hongo micorrízico, de las condiciones ambientales y la agresividad que presente el patógeno atacante.

Perrín (1990) describe la influencia de la micorriza arbuscular sobre algunas enfermedades radicales en plantaciones frutícolas (Cuadro 4), la colonización por este hongo puede disminuir el patógeno *Cylindrocarpo destructans* (Fresa) y *Pythium spp.* (Cereza), en plantas de aguacate y cítricos el control va a depender de muchos factores (agresividad del patógeno, resistencia de planta, factores ambientales y edáficos), los cuales pueden disminuir o incrementar las poblaciones de patógenos como *Phytophthora cinnamomi* (Aguacate) y *Phytophthora parasitica* (Cítricos), pero también existen patógenos en algunos frutales que no pueden ser influenciados por la colonización micorrízica. (Ferrera-Carrato *et al.*, 1998).

Cuadro 4. Influencia de la micorriza arbuscular sobre enfermedades radicales en algunos frutales, según Perrín, 1990 (datos tomados de muchos autores) (Ferrera-Cerrato *et al.*, 1998).

Patógeno/Hospedante	Efectos sobre las enfermedades en plantas micorrizadas
<i>Cylindrocarpo destructans</i> / Fresa	-
<i>Phytophthora cinnamomi</i> /Aguacate	+,-
<i>Phytophthora fragariae</i> /Fresa	0
<i>Phytophthora palmivora</i> /Papaya	0
<i>Phytophthora parasítica</i> /Cítricos	-,+
<i>Pythium spp</i> / Cereza	-,0
<i>Thielaviopsis</i> / Cítricos	0

-: decremento; +: incremento; 0: nulo.

La aplicación de insumos químicos y el manejo tecnificado disminuyen la colonización por HMA en las raíces de las plantas (Johnson, 1993; Johnson *et al.*, 1992). Así mismo estos fertilizantes incrementan la salinidad en la solución del suelo, afectando considerablemente las colonias de hongos micorrízicos (Sylvia & Williams, 1992; Tapia-Goné *et al.*, 2008).

El uso de fertilizante a base de fósforo (P) tiene un impacto significativo en la relación existente entre la planta y los hongos del suelo, en un inicio se mantiene positiva la relación simbiótica y se favorece la producción agrícola, ya que el P es fácilmente disponible en el suelo (Kogelmann *et al.*, 2004), pero Kahiluoto *et al.*, (2001) menciona que la fertilización al suelo de manera sucesiva e incrementada por varios años disminuyen la colonización de las raíces por HMA.

Timmer & Leyden (1980) encontraron que la cantidad de fertilizante fosfatado es importante para mantener en equilibrio la simbiosis micorrízica, y observaron que el uso de dosis de 400 mg de P y la inoculación con *G. fasciculatum* benefician el crecimiento de naranjo agrio; sin embargo, el incremento a 800 mg tiene repercusiones negativas en la simbiosis micorrízica.

En la agricultura, la inoculación de microorganismos benéficos constituyen una alternativa necesaria frente a los fertilizantes inorgánicos; desde el punto de vista ecológico, la utilización o aplicación correcta de estos microorganismos permite reducir el uso de energía, la degradación del agroecosistema y las pérdidas de nutrientes de los suelos agrícolas. Además, se mantiene la capacidad productiva del sistema, se preserva la biodiversidad, y se contribuye con una producción estable y sostenida a largo plazo en equilibrio con el entorno (Hernández, 2000).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio de fertilización orgánica e inorgánica, en invernadero se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Microbiología Ambiental del Colegio de Postgraduados, localizado en H. Cárdenas, Tabasco y en el vivero localizado en la Universidad Popular de la Chontalpa, Cárdenas, Tabasco. El estudio se llevó a cabo en cinco fases (Figura 3). Se utilizó la planta de Citrange Troyer (*Poncirus trifoliata* x *C. sinensis*) que se evaluaron bajo dos condiciones ambientales (invernadero y vivero).

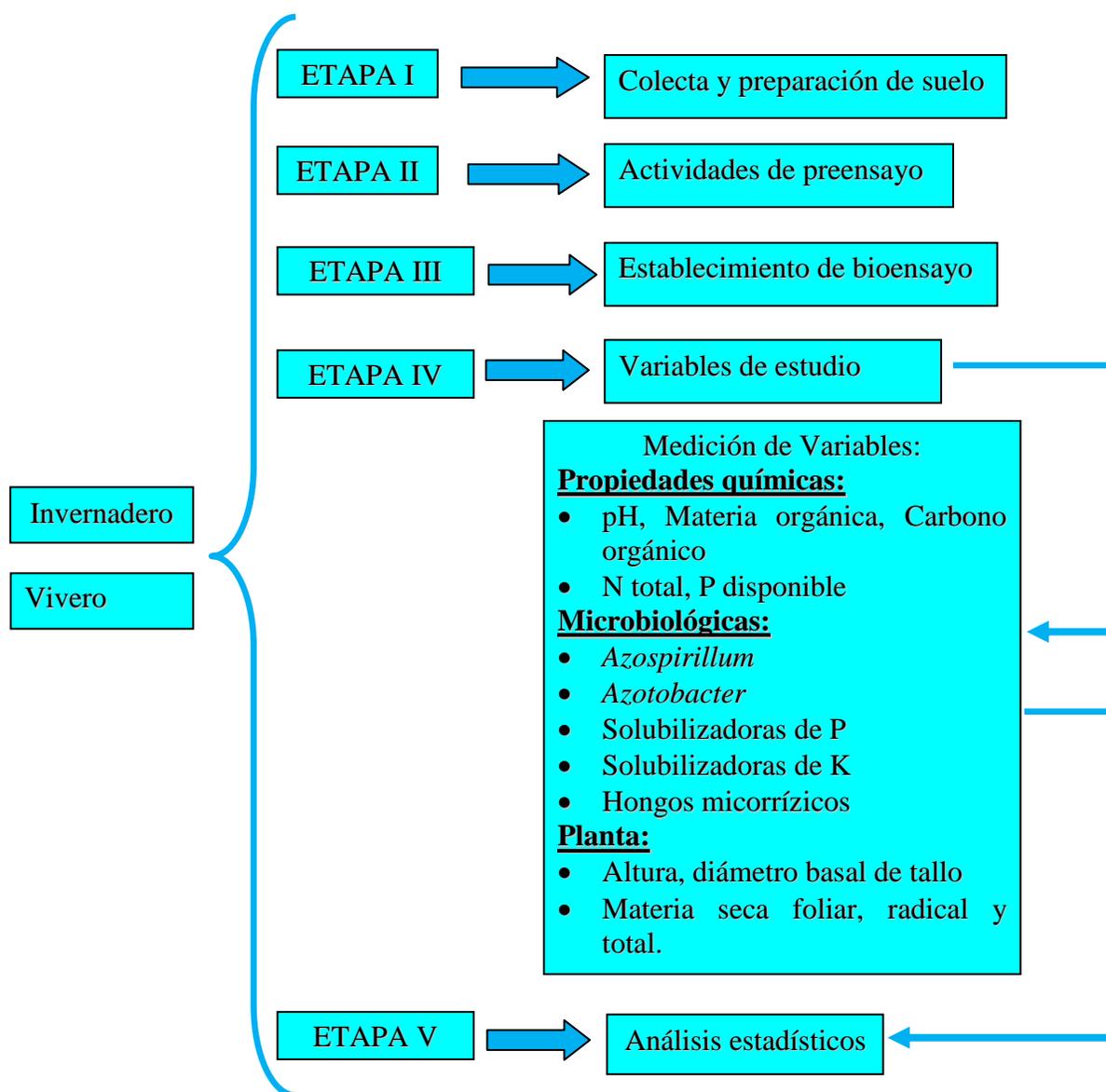


Figura 3. Flujograma del proceso de investigación.

## **5.1. Desarrollo de la investigación**

### **5.1.1. Etapa 1. Colecta y preparación de suelo**

El suelo que se utilizó para establecer el bioensayos es un Acrisol Umbri-Plíntico (Ventura, 2007), del rancho San Xavier propiedad de Ricardo Chacón Martínez, ubicado a 17°45' Latitud Norte y 93°44' Latitud Oeste, km 33+500 carretera a Francisco Rueda, Huimanguillo, Tabasco. Se colectó suelo, desde la superficie hasta los 30 cm de profundidad, posteriormente las muestras de suelo fueron trasladadas a las instalaciones del laboratorio de Microbiología Ambiental, Colegio de Postgraduados Campus-Tabasco.

El suelo se seco bajo sombra, se molió y tamizó con malla de 1mm y 5mm de diámetro para los análisis físico-químicos y para los bioensayos en invernadero y vivero. Las propiedades físicas y químicas del suelo son: textura migajón arenoso método de Bouyoucos, 6.2 pH (1:2 H<sub>2</sub>O), 2.7 % de Materia orgánica, 1.56 % C orgánico (Nelson & Somers, 1982), 0.21 % de N total siguiendo el procedimiento micro-Kjeldahl tras digerir la muestra con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Bremmer, 1965) y 31.31 mg kg<sup>-1</sup> de P disponible (Bray & Kurtz, 1945).

### **5.1.2. Etapa II. Actividades de preensayo**

Las actividades de preensayo fueron: preparación de suelos, sustratos a utilizar en los bioensayos y producción de plántula. El suelo se seco bajo sombra, se molió con un mazo de madera, se tamizó en malla de 5 mm de abertura. Se peso 5 600 gramos de suelo por unidad experimental.

Los sustratos utilizados fueron; gallinaza, cachaza-1, cachaza-2 y pinzote. Son tres subproductos de la región uno de origen animal y dos de origen vegetal. La gallinaza es un subproducto de gallina de engorda (estiércol) colectado en una granja de la Colonia Calzada 1ra. Secc. H. Cárdenas, Tabasco, esta fue secada, molida y tamizada con malla 5 mm. La Cachaza-1 y la Cachaza-2 son subproductos de la molienda industrial de la caña de azúcar y se colectaron de la parte inferior del tiradero a cielo abierto ubicado en el almacén del Ingenio Santa Rosalía, Cárdenas, Tabasco.

La Cachaza-1 proveniente de la záfira 2007-2008 estuvo a exposición ambiental natural durante 11 meses con temperatura media anual de 26 °C y precipitación pluvial anual promedio de 2 643 mm (SIAP-SAGARPA 2009). La Cachaza-2 záfira 2008-2009, con exposición durante tres meses a temperatura y precipitación tropical. La primera presenta la característica de contener una relación C/N de 7.6 menor a la segunda con 14.12 (Cuadro 5), la menor relación presente en la Cachaza-1 es un indicador que favorece la mineralización, evidencias de esto se observan en el cuadro 5, en cuanto a los mayores contenidos de N<sub>total</sub>, P disponible, Ca y Zn respecto a los observado en la Cachaza-2.

El Pinzote, es un subproducto vegetal derivado de la descomposición natural del raquis central del racimo de banano, este fue colectado de la parte inferior del tiradero a cielo abierto ubicado en la finca bananera AGRISNA S.P. de R. L, Cunduacán, Tabasco, que ha estado expuesto por tres años a temperatura y lluvias del trópico húmedo. Las características químicas del Pinzote se observan en el cuadro 5.

Los sustratos se colocaron bajo sombra hasta alcanzar una humedad de 8%, se molieron y se peso la cantidad correspondiente para cada dosis según el diseño experimental. Los sustratos orgánicos secos fueron llevados al laboratorio, para los análisis químicos. Los análisis físicos-químicos fueron similares a los realizados en el suelo, y siguiendo los mismos métodos analíticos, en el Cuadro 5 se muestran los resultados.

Cuadro 5. Características químicas de los sustratos orgánicos utilizados como fertilizantes en los bioensayos cultivados con Citrange troyer.

Propiedades químicas	Gallinaza	Cachaza-1	Cachaza-2	Pinzote
pH	7.4	8.0	8.4	9.8
Materia orgánica (%)	30.85	15.69	24.28	24.68
C orgánico (%)	17.94	9.13	14.12	14.35
N total (%)	2.9	1.2	1	3.3
Relación C/N	6.19	7.6	14.12	4.35
P disponible (mg kg <sup>-1</sup> )	1370	1220	850	170
K [cmol (+) kg <sup>-1</sup> ]	2.01	0.35	0.38	3.16
Ca [cmol (+) kg <sup>-1</sup> ]	5.55	1.13	0.57	1.37
Mg [cmol (+) kg <sup>-1</sup> ]	0.25	0.22	0.22	0.24
Zn (ppm)	580	450	200	82.5

Cachaza-1: Zafra 2007-2008, Cachaza-2: Zafra 2008-2009.

Las semillas fueron de plantas certificadas, las cuales se donaron al laboratorio de microbiología ambiental por el Ing. Ricardo Chacón Martínez propietario del rancho San Xavier, Huimanguillo, Tabasco. Se realizaron pruebas de germinación, y se obtuvo el 95% de germinación del portainjerto Citrange Troyer. Posterior a la preparación del suelo se establecieron las semillas dentro de los espacios cónicos de charolas de PVC llenadas con suelo sin ningún sustrato, a los tres meses se logro obtener las plántulas de Citrange troyer, con una altura inicial de 7.66cm ( $\pm 2.51$ ) y un diámetro de 1.31mm ( $\pm 0.30$ ), respectivamente.

### **5.1.3. Etapa III. Establecimiento de bioensayos**

Se establecieron de manera simultánea dos bioensayos para evaluar los efectos de la fertilización orgánica, uno en invernadero y otro en vivero, el periodo de evaluación fue del 17 de mayo 2009 al 28 de abril 2010. Los dos bioensayos se establecieron en un diseño completamente al azar y estuvieron integrados por dos factores; tipo y dosis de fertilizante orgánico.

Se tuvieron dos testigos: uno absoluto (dosis 0 %) y otro con fertilización inorgánica a base de urea, se baso en la formulación 120 N-60 P-120 K, recomendada para suelos plantados con cítricos en el estado de Tabasco (Pastrana, 1999), se realizaron tres (40 N) aplicaciones distribuidas cada tres meses en cantidades de 4.9 g por planta. Las dosis de cada uno de los fertilizantes orgánicos (gallinaza, cachaza-1, cachaza-2 y pinzote) utilizados fueron: 1 % que se adicionó 56.267 g, 2 % se adicionó 112.534 g y 168.801 g de fertilizante orgánico para las dosis 3%, respectivamente.

Los experimentos establecidos tanto en invernadero como en vivero estuvieron integrados por 14 tratamientos cada uno, con seis repeticiones por tratamientos, 84 unidades experimentales distribuidas completamente al azar (Cuadro 6). La unidad experimental consistió en una bolsa de polietileno, se le agregó 5 600 g de suelo a cada una de las unidades experimentales más las dosis de fertilizantes orgánicos (1, 2 y 3 %) y el testigo fertilizado (Urea). El suelo con los fertilizantes fue homogenizado y se procedió a trasplantar las plántulas con un diseño completamente al azar.

Cuadro 6. Diseño experimental para portainjerto de Citrange troyer en invernadero y vivero.

Tratamiento	Tipo	Dosis (%)	Unidades experimentales					
1	Testigo	0	1	2	3	4	5	6
2	Testigo (Urea)	120N	7	8	9	10	11	12
3	Gallinaza	1	13	14	15	16	17	18
4	Gallinaza	2	19	20	21	22	23	24
5	Gallinaza	3	25	26	27	28	29	30
6	Cachaza-1	1	31	32	33	34	35	36
7	Cachaza-1	2	37	38	39	40	41	42
8	Cachaza-1	3	43	44	45	46	47	48
9	Cachaza-2	1	49	50	51	52	53	54
10	Cachaza-2	2	55	56	57	58	59	60
11	Cachaza-2	3	61	62	63	64	65	66
12	Pinzote	1	67	68	69	70	71	72
13	Pinzote	2	73	74	75	76	77	78
14	Pinzote	3	79	80	81	82	83	84

Cachaza-1: Zafra 2007-2008, Cachaza-2: Zafra 2008-2009.

#### 5.1.4. Etapa IV. Variables de estudio

Las variables estudiadas en esta investigación tanto en invernadero como en vivero fueron: las propiedades químicas y nutritivas del suelo (pH,  $M_{org}$ ,  $C_{org}$ ,  $N_{total}$ , C/N,  $P_{disponible}$ ); las densidades poblacionales de bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (PGPR): fijadoras de nitrógeno de vida libre (*Azospirillum* y *Azotobacter*), solubilizadoras de fosfatos (BSP) y solubilizadoras de potasio (BSK); el porcentaje de colonización por hongos micorrízicos arbúsculares (hifas, arbusculos y vesículas); el crecimiento del portainjerto Citrange troyer (altura y diámetro basal del tallo); y la producción de materia seca (foliar, radical y total) en la planta.

##### 5.1.4.1. Análisis químico del suelo

A los 11 meses después de transplante de Citrange troyer, al suelo se le realizaron los análisis químicos siguientes: El potencial hidrogeno (pH) método de potenciometría, en una relación de 1:2 H<sub>2</sub>O, por el método AS-02 según la Norma Oficial Mexicana (DOF, 2002), se calibró el potenciómetro con soluciones amortiguadoras ácida y neutra. Se utilizaron 10 g de suelo y 20 mL de agua destilada, se agitó manualmente durante 5 minutos dándole el mismo tiempo de reposo hasta los 30 minutos dejando reposar 15 minutos más y se procede a medir el pH.

La materia orgánica por gravimetría se determinó con el método de Nelson & Somers (1982), para ello se peso 5 g de suelo, en un recipiente (crisol) se metió a la mufla a 450 °C por 24 horas, pasado este tiempo se retira y se deja en el desecador por 15 minutos para enfriar las muestras y posteriormente se procedió a pesarlas en una balanza analítica.

El porcentaje de  $N_{total}$  en suelo se realizó siguiendo el procedimiento micro-Kjeldahl tras digerir la muestra con  $H_2SO_4$  (Bremmer, 1965). Se utilizó suelo tamizado en malla 60, del cual se tomó 0.25 g al que se le agregó 1.1 g de mezcla de catalizadores  $K_2SO_4$ , y 3 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se puso a ebulir la muestra por una hora a partir de que se tornó claro el contenido de la unidad digestora. Posteriormente, se dejó enfriar el frasco y se le agregó suficiente agua para colocar las partículas en suspensión mediante agitación. Se decantaron las partículas de sílice evitando que se precipitaran los cristales de sulfato de amonio. Se paso el contenido liquido a la cámara de digestión, se colocó el líquido en un matraz Erlenmeyer de 125 mL conteniendo 10 mL de la solución de ácido bórico más indicadores. Se le adicionó cuidadosamente 10 mL de NaOH 10 N y se inició la destilación hasta que se alcanzó un volumen de 75 mL en el frasco Erlenmeyer. El N amoniacal se determinó mediante titulación con ácido sulfúrico 0.01 N, notándose un cambio en el color de verde a rosa fuerte. El resultado se expresó como porcentaje de N total.

La determinación del fósforo (P) disponible se realizó mediante el método de Bray & Kurtz (1945) para suelos ácidos y neutros en solución extraíble de HCl y  $NH_4F$  utilizando un espectrofotómetro a 880 nm. Se peso 2.5 g de suelo, se tamizó en malla de 2 mm y se colocó en un tubo de polietileno. Se le adicionó 25 mL de la solución extractora, se agitó la suspensión en un agitador de acción reciproca por 5 minutos, regulado a 180 oscilaciones por minuto. El extracto se filtró mediante un papel Whatman No. 42. De la solución filtrada se tomó una alícuota de 10 mL y se colocó en un matraz aforado de 50 mL. Se le agregó 5 mL de la solución reductora y se agitó. Se esperó durante 30 minutos y se leyó la intensidad de absorción de luz a 882 nm (nanómetros). Para la preparación de la curva de calibración se utilizó puntos de referencia de 0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 y 5.0  $mg L^{-1}$  de P. Para esto, se colocaron en matraces aforados de 50 mL, 0, 5, 10, 15, 20 y 25 mL de una solución de 5  $mg L^{-1}$  de P. Se le

adicionó un volumen de solución extractante igual a la alícuota empleada para medir las muestras desconocidas, se llevó aproximadamente 40 mL con agua y se le adicióno 5 mL de la solución reductora y se agitó. Se esperó durante 30 minutos y se leyó la intensidad de absorción de luz a 862 nm. El resultado se expresó en  $\text{mg kg}^{-1}$  de suelo.

#### **5.1.4.2. Análisis microbiológico**

##### **5.1.4.2.1. Densidad de bacterias reguladoras del crecimiento vegetal en suelo a distancia y rizósfera**

La técnica que se utilizó para la cuantificación de las bacterias promotoras de crecimiento vegetal del género *Azospirillum*, *Azotobacter*, bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) y bacterias solubilizadoras de potasio (BSK) fue por cuenta viable por dilución seriada en medios de cultivos selectivos siguiendo el procedimiento que se observa en la Figura 4 (Madigán *et al.*, 2005). Se tomaron 10 g de la muestra de suelo a distancia y 10 g de suelo rizosférico, posteriormente se suspendió en 90 mL de agua destilada estéril (suelo y rizósfera), se agito mecánicamente durante 15 minutos, de esta dilución se tomo 1 mL y se adicióno a un tubo con 9 mL de agua destilada estéril ( $10^{-2}$ ), se agitó en vortex por unos segundos y se repitió el proceso hasta obtener las diluciones correspondientes. Las diluciones seriadas fueron hasta  $1/10^4$  tanto en suelo como en rizósfera de Citrange troyer en invernadero y vivero.

Se adiciónó 1 mL de la solución final a los medios de cultivos selectivos que se utilizaron. El medio de cultivo para las bacterias *Azospirillum*, fue agar rojo congo (Rodríguez, 1982); para *Azotobacter*, el medio de cultivo fue Ashby (Rao, 1982); para las bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) fue el medio de cultivo Pykovskaya (Pykovskaya, 1948); y para las bacterias solubilizadoras de potasio fue el medio BSK (Qi-Mei *et al.*, 2002).

Los cultivos se incubaron a 28 °C por 48 horas, después se procedió a contar las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) con un contador de colonias marca Reichert Québec Darkfield Colony Counter. A las 48 horas después de la incubación se contaron las colonias de bacterias *Azotobacter*, *Azospirillum*, bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) y bacterias solubilizadoras de potasio (BSK).

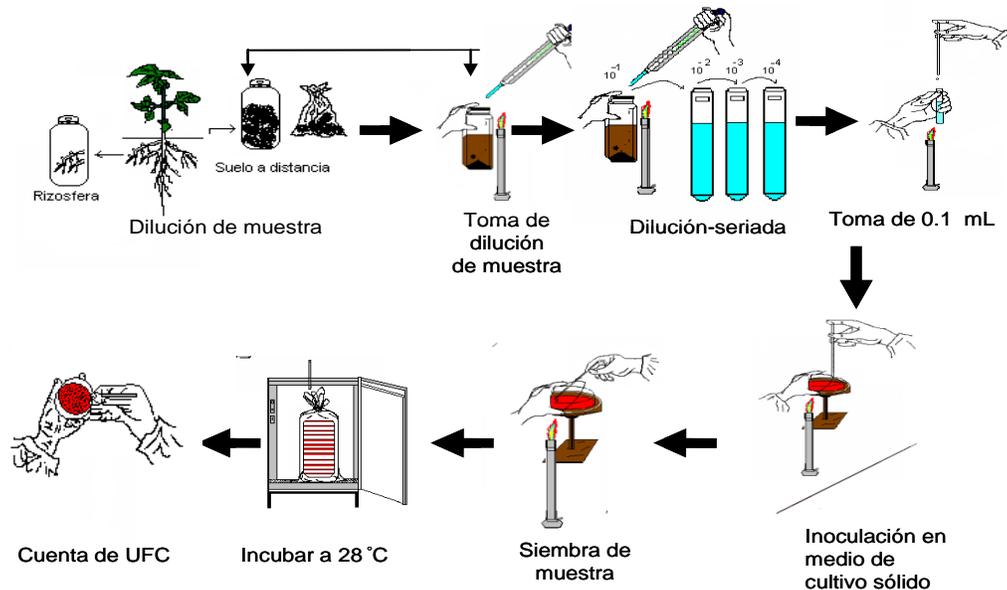


Figura 4. Técnica para la cuantificación de bacterias benéficas por cuenta viable por dilución seriada en agar sólido (Rivera-Cruz, 2008).

#### 5.1.4.2.2. Porcentaje de colonización por hongos micorrízicos arbusculares

El método utilizado para el proceso de tinción de las raíces, así como para determinar el porcentaje de colonización micorrízica, para hifas, vesículas y arbusculos fue mediante la técnica propuesta por Phillips y Hayman (1970) (Sieverding, 1983; Alarcón, *et al.*, 2001; Tapia-Goné *et al.*, 2008), pero modificado en cuanto a los tiempos de exposición a la temperatura. Los reactivos empleados para la tinción fueron: Hidróxido de potasio (KOH al 10%) peróxido de hidrogeno (10%), ácido clorhídrico (1N); lactoglicerol y azul de tripán (0.05%) (Sieverding, 1983). El proceso de tinción de las raíces se realizó mediante los siguientes pasos:

1. Se colocaron en cápsulas las raíces de Citrange troyer.
2. Exposición de las raíces en una solución de hidróxido de potasio (KOH) al 10%, expuesta a calor en olla de presión a 10 libras durante 10 minutos. Este procedimiento puede repetirse hasta clarear totalmente la raíz (dejar libre de pigmentos).
3. Enjuagar las raíces con agua corriente.

4. Exponer las raíces en peróxido de hidrogeno (agua oxigenada comercial) al 10% durante 10 a 15 minutos.
5. Las raíces son enjuagadas nuevamente.
6. Adicionar ácido clorhídrico al 10% durante 10 minutos.
7. Pasado este tiempo el ácido se elimina y sin enjuagar, se agrega azul de tripano al 0.05% en lactoglicerol (100 mL de ácido láctico + 100 mL de glicerina + 100 mL de agua destilada). Estas se exponen a calor en una olla a 10 libras de presión durante 10 minutos y así lograr una tinción adecuada.

Una vez terminada la tinción, las raíces más finas se cortaron en segmentos de un centímetro de largo y fueron colocadas en portaobjetos en un total de 15 segmentos de raíz agregándoles algunas gotas de lactoglicerol y son cubiertas por cubreobjetos (Figura 5), finalmente se procedió a la observación de las raíces teñidas en el microscopio óptico a objetivo 10x. Para obtener el porcentaje de colonización, se divide el número de colonización (puede ser hifa, vesícula o arbusculo) entre el total de observaciones realizadas multiplicada por 100.



Figura 5. Preparación de raíces A) Cápsulas con raíces teñidas de azul tripano, B) Selección y colocación de raíces en portaobjetos y C) Raíces en portaobjetos con lactoglicerol listos para su observación.

#### **5.1.4.3. Crecimiento y acumulación de materia seca en Citrange troyer**

Para obtener el crecimiento de Citrange troyer, se avaluó la altura y el diámetro basal del tallo a los 11 meses después del transplante de la planta en invernadero y vivero. La altura, consistió en medir con una regla graduada en mm desde la base del tallo como parte inicial, hasta la yema terminal como parte final. El diámetro basal del tallo fue tomada al final del ciclo, la medida se tomo en la base del tallo con un vernier electrónico.

La acumulación de materia seca foliar, radical y total, se determinó a los 11 meses después del transplante de Citrange troyer, el muestreo se realizó separando la parte aérea (tallos y hojas) y la radical de la planta. Los materiales vegetales se depositaron en bolsas de papel estraza y se introdujeron a un horno marca TECSA modelo HDP-867, a una temperatura de 70 °C durante 72 horas. Una vez terminada el proceso de secado, se pesó la materia seca foliar, radical y total con una balanza gravimétrica (Ramírez *et al.*, 1998).

#### **5.1.5. Etapa V. Análisis estadístico**

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para cada una de las variables evaluadas [pH,  $M_{org}$ ,  $C_{org}$ ,  $N_{total}$ , C/N,  $P_{disponible}$ , densidad de la población de *Azospirillum*, *Azotobacter*, BSP, BSK, hongos endomicorrízicos (hifas, arbusculos y vesículas), altura, diámetro basal del tallo y materia seca (foliar, radical y total)] en invernadero y vivero, se efectuó la comparación de medias según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Se realizaron los análisis de factores tipo de fertilizante y dosis, así como las correlaciones entre todas las variables. Para satisfacer los criterios de normalidad y homogeneidad de varianzas, el porcentaje colonización por hongos endomicorrízicos (hifas, arbusculos y vesículas) fueron transformados a logaritmos, previo a los análisis de varianza respectivos. Los datos fueron analizados con la ayuda del paquete estadístico Statistical Analisis Sistem (SAS, 2002).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados en esta investigación se describen y analizan considerando las variables respuestas de tipo químico, microbiológico y crecimiento de portainjerto Citrange troyer cultivado en condiciones de invernadero y vivero. En la primera parte se aborda el efecto de la interacción tipo y dosis de fertilizantes en variables respuestas, en segundo lugar los efectos de los factores tipo y dosis de fertilizante orgánico. En cada una de las parte se describe y analiza las variables respuestas según el ambiente en donde se desarrollo el crecimiento del portainjerto.

### 6.1. Efectos por tratamientos

#### 6.1.1. Propiedades químicas en suelo plantado con Citrange Troyer en invernadero y vivero

El pH del suelo, tanto en invernadero como en vivero, presentó diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos por efecto de tipos y dosis de fertilizantes orgánicos, así como los testigos estudiados (Cuadro 7) (Apéndice, Cuadros 1 y 59).

El suelo cultivado con Citrange troyer a los 11 meses en condiciones de invernadero y sometidos a los 14 tratamientos presentó un pH entre los rangos 5.1 a 6.8. Cuando se aplicó al suelo pinzote con una dosis del 3% (tratamiento 14) se observó un valor más alto con 6.8, el testigo fertilizado a base de urea aplicado al suelo demostró el valor más bajo con un pH de 5.1 (tratamiento 2). La incorporación al suelo de pinzote al 3% permitió incrementar 0.6 veces más iones OH, respecto al testigo absoluto (pH 6.2) y 1.3 veces más que el testigo fertilizado con urea.

El incremento del pH puede atribuirse al contenido de las bases intercambiables como el K, Ca y Mg que el pinzote contiene (Cuadro 5), y que pueden ser suficientes para neutralizar los ácidos formados durante la descomposición de la MO o la acidez nativa del suelo. Parece ser que el alto contenido de K, Ca y Mg aportados por el pinzote lograron neutralizar los iones  $H^+$  presentes en la solución del suelo.

El valor del pH en suelo cultivado con Citrange troyer en condiciones de vivero y sometidos a los 14 tratamientos, fluctúa entre 5.7 a 7.1, el valor más alto fue obtenido al aplicar cachaza-2 al 1% con 7.1 (tratamiento 9) y el más bajo con 5.7 se localizó cuando se adicionó la urea al suelo como fuente de nitrógeno que fue el testigo fertilizado (tratamiento 2). La incorporación al suelo de fertilizante orgánico cachaza-2 al 1%, aumentó 0.8 más los iones OH respecto al testigo absoluto y 1.4 más que el testigo fertilizado con urea; induciendo cambios de moderadamente ácido a neutro, según clasificación de la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2002). Al respecto, Arreola-Enríquez *et al.*, (2004) mencionan que al aplicar 15 t ha<sup>-1</sup> de abono orgánico mineral de cachaza (AOMC) a suelo cultivado con caña de azúcar, permite incrementar el pH del suelo de 6.08 a 6.59.

Por lo anterior, se deduce que según el ambiente en donde se establezca la producción de Citrange troyer induce respuestas diferentes, dado que en condiciones de invernadero en donde se protege al cultivo de la lluvias al parecer el uso de pinzote con dosis del 3% resultó ser más efectivo para mejorar el pH, sin embargo en condiciones de vivero la cachaza-2 al 1% como fertilizante es mejor para aumentar el pH. El testigo fertilizado a base de urea permitió una disminución de pH en ambos ambientes.

Las medias de los contenidos de materia orgánica y carbono orgánico en suelo cultivado con Citrange troyer bajo condiciones de invernadero y vivero presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) por efecto de tipo y dosis de fertilizante (Cuadro 7) (Apéndice, Cuadros 2, 3, 60 y 61).

En invernadero los contenidos más altos de materia orgánica con 13.3 % y carbono orgánico con 7.7 %, se encontraron cuando se aplicó al suelo la gallinaza en dosis del 2% (tratamiento 4), el tratamiento ocho (cachaza-1 a dosis 3 %) obtuvo el valor más bajo con 9 % de  $M_{org}$  y 5.4 % de  $C_{org}$ . El estiércol de gallina incorporado al suelo como fertilizante permitió incrementar 1.2 veces más la  $M_{org}$  y el  $C_{org}$  respecto al testigo absoluto (tratamiento 1) y 1.4 veces más que el testigo fertilizado (tratamiento 2). Este aumento posiblemente se debe a que el estiércol de gallina contienen un 17.94 % de  $C_{org}$ , mayor que la cachaza-1, Cachaza-2 y pinzote (Tabla 5).

En vivero, el suelo inoculado con gallinaza al 1% (tratamiento 3), mostró los mayores contenidos de materia orgánica (10%) y carbono orgánico (5.6%), este aumento representó 1.2 veces mayor respecto al testigo absoluto, mientras que los tratamientos 2, 6 y 7 (urea, cachaza-1 al 1 %, cachaza-1 al 2 %) fueron los más bajos en  $M_{org}$  (8 %) y  $C_{org}$  (4.6 y 4.8 %).

El efecto de ambientes en donde se estableció Citrange troyer al parecer indujeron respuestas diferentes respecto a los contenidos de materia orgánica y carbono orgánico en el suelo, debido a los efectos de la dosis del fertilizante orgánico, pero no por el tipo de fertilizante, dado que la gallinaza indujo el incremento en ambos ambientes, pero la dosis del 1% fue mejor en vivero y la dosis 2 % en invernadero.

Resultados de incrementos similares al que se obtuvo con estiércol de gallina, fueron obtenidos cuando se incorporó estiércol de pollo combinado con estiércol de cabra a un suelo cultivado con tomate y permitieron incrementar 0.14 % más el contenido de  $C_{org}$  (Moeskops *et al.*, 2010), así mismo Kowaljow *et al.*, (2010) obtuvo un 75 % de aumento de  $C_{org}$  en un suelo forestal degradado y Banger *et al.*, (2010) un 36 % de  $C_{org}$  con fertilización orgánica (estiércol) en arroz; Aplicar 15 t ha<sup>-1</sup> de cachaza a suelo cultivado con caña de azúcar, aumentaron de 2.57% a 3.19 % el contenido de materia orgánica en el suelo (Arreola-Enríquez *et al.*, 2004).

El contenido de  $N_{total}$  del suelo tuvo diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) entre las medias de sus tratamientos, por efecto de tipo y dosis de fertilizante, establecido en condiciones de invernadero y vivero (Cuadro 8) (Apéndice, Cuadros 4 y 62).

En invernadero, el análisis estadístico muestra que el uso del pinzote al 2 % como fertilizante, mostró el mejor resultado de  $N_{total}$  con 0.52 % (tratamiento 13) y los valores más bajos fueron reflejados cuando se utilizó la cachaza-2 al 2% (tratamiento 10) con 0.03%. La incorporación al suelo de pinzote al 2 % permitió incrementar 1.7 veces más el  $N_{total}$  respecto al  $N_{total}$  encontrado en el testigo absoluto y 2.9 veces más que el testigo fertilizado con urea. Esta respuesta posiblemente se debe a que este residuo vegetal derivado del cultivo de banano

presenta mayor contenido de  $N_{total}$ , teniendo 0.4 % y 2.1 % más contenido de  $N_{total}$  que la gallinaza y la cachaza-1 respectivamente como se especifica en la Tabla 5.

En vivero, el contenido más alto de  $N_{total}$  fue obtenido por la cachaza-2 al 2 % (tratamiento 10) con 0.15 %, valor que representó 2.5 veces más el contenido de  $N_{total}$  que el testigo absoluto (0.06 %) y 1.4 veces más que el testigo fertilizado; el valor más bajo con 0.04 %, fue obtenido cuando se aplicó al suelo el pinzote al 1 % y 2 % (tratamiento 12 y 13).

Resultados similares de incrementos fueron obtenidos por Rivera-Cruz *et al.*, (2010), al utilizar la chaza a dosis del 2 %, encontró un contenido de  $N_{total}$  de 0.236 % en suelo cultivado con naranjo agrio, siendo 1.1 veces mayor que el testigo; Kowaljow *et al.*, (2010) reportó aumentos de 1.6 veces más el contenido de  $N_{total}$  al incorporar fertilizantes orgánicos a base de compostas en suelo con especies forestales; Arreola-Enríquez, *et al.*, (2004) reportó que al aplicar  $15 \text{ t ha}^{-1}$  de abono orgánico mineral de cachaza (AOMC) a cultivos de caña de azúcar, se incrementa de 0.091 % a 0.155% el contenido de  $N_{total}$  en el suelo.

Según la NOM-021-RECNAT-2000, los contenidos de  $N_{total}$  fueron clasificados como muy bajo (tratamiento 10), bajo (tratamientos 3, 6, 9) medio (tratamientos 4, 8), alto (tratamientos 2, 5, 7, 11, 12 y 14) y muy alto (tratamientos 13, 1) en invernadero y fueron muy bajo (tratamientos 12, 13), bajo (tratamientos 1, 3-9, 11 y 14) y medio (tratamiento 2 y 10) en condiciones de vivero.

El ambiente en donde se estableció la producción de Citrange troyer indujo respuestas diferentes, ya que en condiciones de invernadero el uso de pinzote con dosis 2% es más eficiente para mejorar el contenido de  $N_{total}$ , por otro lado, en condiciones de vivero la cachaza-2 al 2% como fertilizante es mejor para aumentar el contenido de  $N_{total}$  en el suelo. Estos mismos fertilizantes fueron negativos en condiciones diferentes, ya que la cachaza-2 al 2% en invernadero disminuyó el contenido de  $N_{total}$  y en vivero fue menor el contenido de  $N_{total}$  al aplicar pinzote a dosis del 1 y 2 %, respectivamente.

La aplicación de fertilizantes orgánicos al suelo cultivado con Citrange troyer, permitieron mejorar las propiedades químicas (pH,  $M_{org}$ ,  $C_{org}$  y  $N_{total}$ ) del suelo con respecto a los dos testigos evaluados (absoluto y fertilizado).

La relación C/N en invernadero y en vivero, presentaron diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos por efecto de tipo y dosis de fertilizantes orgánicos, en comparación con los dos testigos estudiados (Cuadro 8) (Apéndice, Cuadros 5 y 63).

Citrange troyer en invernadero, cuando se aplicó cachaza-2 a una dosis de 2% (tratamiento 10) mostró un valor más alto en la relación C/N con 186.14, cuando se aplicó pinzote con una dosis de 2% (tratamiento 13) se obtuvo el valor más bajo con 11.32. La incorporación al suelo de cachaza-2 al 2% permitió incrementar 9.08 veces más la relación C/N respecto al testigo absoluto y 5.9 veces más C/N que el testigo fertilizado con urea.

En condiciones de vivero, la relación C/N sometido a 14 tratamientos, presentó el valor más alto (126.9) al aplicar pinzote a dosis 2% (tratamiento 13), mientras que el valor más bajo (33.3) se localizó cuando se adicionó al suelo cachaza-2 al 2% (tratamiento 10). La incorporación al suelo de fertilizante orgánico (pinzote al 2%) aumentó 1.5 veces más el C/N respecto al testigo absoluto y 3 veces más que el testigo fertilizado.

Podemos decir que el ambiente al que se exponga Citrange troyer induce respuestas diferentes, dado que en condiciones de invernadero las condiciones ambientales son más controladas y que al parecer el uso de cachaza-2 con dosis del 2 % es más efectivo para mejorar la relación C/N, pero en condiciones de vivero el pinzote a dosis 2 % como fertilizante orgánico es mejor para aumentar la relación C/N. La cachaza-2 al 2% en vivero y el pinzote al 2% en invernadero promovieron una disminución de C/N.

Los contenidos de P disponible tanto en invernadero como en vivero, presentaron diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos por efecto de tipo y dosis de fertilizantes (Cuadro 8) (Apéndice, Cuadros 6 y 64).

En invernadero, cuando se aplicó cachaza-2 a dosis 3% (tratamiento 11) mostró un valor más alto de P disponible con  $74 \text{ mg kg}^{-1}$ , representa 9.4 veces mayor el contenido de P disponible respecto al testigo absoluto (tratamiento uno) que presentó el valor más bajo con  $7.9 \text{ mg kg}^{-1}$  y 7 veces más que el testigo fertilizado (tratamiento 2). Este resultado fue mejor que lo obtenido por Rivera-Cruz *et al.*, (2010) al incorporar cachaza a dosis del 3 % a un suelo cultivado con naranjo agrio, que presentó  $36.8 \text{ mg kg}^{-1}$  de P disponible. Así mismo, Kowaljow *et al.*, (2010) encontraron aumentos de  $26.4 \text{ mg kg}^{-1}$  de P disponible al incorporar fertilizantes orgánicos a base de compostas en suelo cultivado con especies forestales.

En condiciones de vivero, el contenido de P disponible en suelo cultivado con Citrange troyer en los 14 tratamientos, la gallinaza a dosis del 2% (tratamiento 4) presentó el valor más alto con  $127.9 \text{ mg kg}^{-1}$  de P disponible y el contenido más bajo fue obtenido por el segundo testigo fertilizado a base de urea (tratamiento 2) con  $7.7 \text{ mg kg}^{-1}$ . La incorporación al suelo de fertilizante orgánico (Gallinaza al 2%) aumentó 11.6 veces más el contenido de P disponible respecto al testigo absoluto y 16.6 veces más que el testigo fertilizado.

Los resultados obtenidos de P disponible en esta investigación en invernadero y vivero, fueron mejores que los obtenidos por Pastrana (1999), al evaluar diversos abonos orgánicos como la cachaza que obtuvo  $18.3 \text{ mg kg}^{-1}$ ; la pollinaza con  $43.6 \text{ mg kg}^{-1}$ ; y un fertilizante químico que presentó  $13.6 \text{ mg kg}^{-1}$  en cultivo de naranjo en Huimanguillo, Tabasco.

Podemos concluir que el ambiente afectó la respuesta de Citrange troyer, ya que las condiciones en invernadero fueron más controladas que en vivero. En condiciones de invernadero el uso de cachaza-2 con dosis del 3% es más efectivo para mejorar el contenido de P disponible en suelo, pero en condiciones de vivero la gallinaza a dosis 2% como fertilizante orgánico es mejor para aumentar el contenido de P disponible. El testigo absoluto en invernadero y el testigo fertilizado con urea en vivero promovieron una disminución del contenido de P disponible.

Cuadro 7. Potencial hidrogeno, materia orgánica y carbono orgánico en suelo sometido a fertilizantes orgánicos, cultivado con Citrange troyer en invernadero y vivero a los 11 meses después del transplante.

Tratamientos	Dosis	Invernadero			Vivero		
		pH	M <sub>org</sub> (%)	C <sub>org</sub> (%)	pH	M <sub>org</sub> (%)	C <sub>org</sub> (%)
1 Testigo	0%	6.2bcd <sup>§</sup>	11dc	6.4bc	6.2de	8.3bc	4.9cde
2 Testigo-Urea	120 N	5.1g	9.8def	5.6ed	5.7f	8c	4.6e
3 Gallinaza	1%	5.9def	12.7ab	7.4a	6.4cde	10a	5.6a
4 Gallinaza	2%	5.6f	13.3a	7.7a	6.9abc	9ab	5bcde
5 Gallinaza	3%	5.8ef	13ab	7.6a	6.5bcde	9ab	5.2abc
6 Cachaza-1	1%	6cdef	11.7bc	6.8b	6.6abcde	8c	4.8ed
7 Cachaza-1	2%	6.3bc	10.4de	6cd	6.8abcd	8c	4.8ed
8 Cachaza-1	3%	6.2bcd	9f	5.4e	7ab	9ab	5.3ab
9 Cachaza-2	1%	6.2bcd	10.7dc	6.2c	7.1a	9ab	5.1bcd
10 Cachaza-2	2%	6.2bcd	9.6ef	5.6ed	6.5bcde	9ab	5bcde
11 Cachaza-2	3%	6.1bcde	10.3de	5.9cd	6.3de	8.6bc	5bcde
12 Pinzote	1%	6.4b	10def	5.9cd	6.8abcd	9ab	5bcde
13 Pinzote	2%	6.2bcd	10.3de	5.9cd	6.5bcde	9ab	5.1bcd
14 Pinzote	3%	6.8a	10.9dc	6.3c	6.9abc	9ab	5.2abc

<sup>§</sup>Cifras con letras diferentes dentro de la misma columna tienen diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). pH: Potencial hidrógeno, M<sub>org</sub>: Materia orgánica y C<sub>org</sub>: Carbono orgánico.

Cuadro 8. Nitrógeno total, relación Carbono-Nitrógeno y fósforo disponible en suelo sometido a fertilizantes orgánicos cultivado con Citrange troyer en invernadero y vivero a los 11 meses después del transplante.

Tratamientos	Dosis	Invernadero			Vivero		
		N <sub>t</sub> (%)	C/N	P <sub>d</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	N <sub>t</sub> (%)	C/N	P <sub>d</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )
1 Testigo	0%	0.31b <sup>§</sup>	20.5j	7.9n	0.06f	81.7d	11.0l
2 Testigo-Urea	120N	0.18f	31.43gh	10.5m	0.11b	42.1j	7.7n
3 Gallinaza	1%	0.08i	92.21c	14.4j	0.08d	69.5f	44.3c
4 Gallinaza	2%	0.15h	51.43e	13.7k	0.09c	56i	127.9a
5 Gallinaza	3%	0.22d	34.74fg	23.9g	0.08d	65fg	21.1i
6 Cachaza-1	1%	0.08i	85.08d	55.2d	0.05g	95.7c	37.1g
7 Cachaza-1	2%	0.21e	28.62hi	16.2i	0.05g	95c	39.2f
8 Cachaza-1	3%	0.15h	36f	30f	0.07e	75.9e	18.5j
9 Cachaza-2	1%	0.06j	103.6b	11.0l	0.05g	102.1b	40.9e
10 Cachaza-2	2%	0.03k	186.14a	55.3c	0.15a	33.3k	53.2b
11 Cachaza-2	3%	0.18f	33.27fg	74a	0.08d	61.7gh	16.4k
12 Pinzote	1%	0.17g	34.82fg	18.7h	0.04h	124.8a	24.6h
13 Pinzote	2%	0.52a	11.32j	39.6e	0.04h	126.9a	43d
14 Pinzote	3%	0.24c	26.33i	67.9b	0.09c	57.9hi	8.7m

<sup>§</sup>Cifras con letras diferentes dentro de la misma columna tienen diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). N<sub>t</sub>: Nitrógeno total, C/N: Relación carbono-nitrógeno y P<sub>d</sub>: Fósforo disponible.

## **6.1.2. Densidad de bacterias reguladoras de crecimiento vegetal en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Invernadero y vivero**

### **6.1.2.1. Bacterias del género *Azospirillum***

Las medias de las densidades de bacterias del género *Azospirillum* en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer cultivado en invernadero y vivero, muestran diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) según los diferentes tipos y dosis de fertilizantes orgánicos y los testigos evaluados (Cuadro 9) (Apéndices, Cuadros 7, 11, 65 y 69).

Las densidades de *Azospirillum* localizadas en suelo a distancia y en suelo rizosférico de Citrange troyer fueron diferentes en cada uno de los tratamientos establecidos tanto en invernadero como vivero. Siete de los 14 tratamientos estudiados en invernadero, mostraron mayor densidad de *Azospirillum* en rizósfera respecto a las localizadas en suelo a distancia. Sin embargo en vivero fueron 13 tratamientos que estimularon mayor densidad en rizósfera respecto al suelo a distancia de Citrange troyer (Cuadro 9).

En invernadero, al realizar las comparaciones de las densidades en suelo a distancia de Citrange troyer, se encontró que la aplicación al suelo del fertilizante orgánico cachaza-1 a dosis 3% (tratamiento 8) fue mejor que todos los demás tratamientos con  $74 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. La cachaza-1 a dosis 2% (tratamiento 7) mostró las densidades más bajas con  $14 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. La aplicación al suelo de cachaza-1 al 3% incremento 6.2 veces más la densidad de *Azospirillum* respecto al testigo absoluto y 16.4 veces más que el testigo fertilizado con urea.

La densidad más alta de *Azospirillum* en rizósfera fue obtenida cuando se aplicó al suelo el fertilizante orgánico cachaza-1 a dosis 1% (tratamiento 6) con una densidad de  $118 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s., la densidad más baja fue obtenido por el testigo fertilizado a base de urea (tratamiento 2) y por la cachaza-1 al 2% (tratamiento 7) con  $3 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  r.s. La aplicación al suelo de cachaza-1 al 1% como fertilizante orgánico incrementó 3.2 veces más la densidad de bacterias *Azospirillum* respecto a la densidad obtenida por el testigo absoluto y 393 veces más que el testigo fertilizado con urea.

En vivero, la aplicación al suelo del fertilizante orgánico a base de cachaza-2 a una dosis de 1% (tratamiento 9) mostró las densidades más altas de bacterias *Azospirillum* en suelo a distancia de Citrange troyer con  $54 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$ s.s. El fertilizante cachaza-1 a dosis 1% (tratamiento 6) obtuvo la densidad más baja de bacterias de este mismo género con  $13 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$ s.s. El fertilizante orgánico cachaza-2 al 1% aplicado al suelo cultivado con Citrange troyer permitió el incremento de 20.7 veces la densidad de *Azospirillum* respecto al testigo absoluto y 1.7 veces más que el testigo fertilizado con urea.

Las densidades bacterianas en rizósfera de Citrange troyer, muestran que la aplicación al suelo del fertilizante orgánico cachaza-1 a dosis 1% (tratamiento 6) fue mejor respecto a los demás tratamientos, con una densidad poblacional de  $94 \times 10^5$  UFC  $g^{-1}$ r.s., la aplicación al suelo de cachaza-2 a dosis 3% (tratamiento 11) obtuvo la densidad más baja con  $31 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$ r.s. La incorporación al suelo de fertilizante orgánico cachaza-1 al 1%, permitió el incremento de 2.5 veces más la densidad de *Azospirillum* respecto al testigo absoluto y 20 veces más que el testigo fertilizado con urea. Estos incrementos podrían explicarse por los contenidos de Nitrógeno y Carbono que resulta al incorporar los residuos orgánicos, al respecto, Rivera-Cruz *et al.*, (2010) con este mismo fertilizante (cachaza al 1 %) encontraron poblaciones de *Azospirillum* hasta  $8.3 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  r.s. siendo 30 veces mayor que el testigo ( $0.28 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  r.s.).

Córdova-Bautista *et al.*, (2009) encontraron las densidades más altas ( $94 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$ s.s.) de *Azospirillum* en suelo rizosférico cultivado con banano enano y la densidad más baja fue en suelo a distancia del mismo cultivo con  $9 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$ s.s.

El efecto rizósfera fue positivo en siete de los 14 tratamientos evaluados en invernadero, mientras que en vivero los 14 tratamientos indujeron un efecto rizosférico positivo. Como lo indican Bolton *et al.*, (1993), que cuando la relación rizósfera/suelo (r/s) es mayor que uno, el efecto rizosférico es favorable para el crecimiento de los microorganismos, pero cuando esta relación resulta menor a uno induce un efecto rizosférico negativo. Los valores en invernadero se encuentran entre 0.09 y 10.31, en vivero se encuentra entre los rangos 1.12-696.2, respectivamente.

Cuadro 9. Densidad de bacterias de *Azospirillum* por efecto de fertilizantes orgánicos y dos testigos en invernadero y vivero con Citrange troyer.

Tratamiento	<i>Azospirillum</i>					
	Invernadero			Vivero		
	Suelo a distancia	Rizósfera	Efecto rizósfera	Suelo a distancia	Rizósfera	Efecto rizósfera
	UFC g <sup>-1</sup> s.s. (10 <sup>3</sup> )			UFC g <sup>-1</sup> s.s. (10 <sup>3</sup> )		
T1 (Testigo)	119c <sup>§B</sup> <sup>¶</sup>	364cA	3.06	26efB	3682bA	140.77
T2 (Testigo-Urea)	45cA	3eB	0.09	326bB	468dA	1.45
T3 (Gallinaza 1%)	395bA	311cB	0.79	53efB	497dA	9.60
T4 (Gallinaza 2%)	28cA	13eB	0.47	38efB	131dA	3.37
T5 (Gallinaza 3%)	26cB	32eA	1.21	92deB	148dA	1.60
T6 (Cachaza-1 1%)	618aB	1180aA	2.04	13fB	9350aA	696.2
T7 (Cachaza-1 2%)	14cA	3eB	0.22	36efB	1048cdA	28.97
T8 (Cachaza-1 3%)	736aA	317cB	0.43	19fB	877cdA	49.26
T9 (Cachaza-2 1%)	32cB	35eA	1.12	538aB	2074cA	3.85
T10 (Cachaza-2 2%)	44cA	37eB	0.86	130cdB	618dA	4.77
T11 (Cachaza-2 3%)	105cB	1076bA	10.31	21fB	31dA	1.52
T12 (Pinzote 1%)	54cB	66eA	1.21	43efB	306dA	7.11
T13 (Pinzote 2%)	52cA	7eB	0.29	141cdB	1271cdA	8.97
T14 (Pinzote3%)	104cB	175dA	1.86	171cA	170dB	1.12

<sup>§</sup>Cifras con letras minúsculas diferentes dentro de la misma columna tienen diferencias significativas (Tukey, p<0.05, a>b). <sup>¶</sup>Cifras con letras mayúsculas diferentes dentro de hileras tienen diferencias significativas (Tukey, p<0.05, a>b).

En invernadero de los 14 tratamientos evaluados, la aplicación al suelo de la cachaza-2 a dosis 3% (tratamiento 11) presentó mayor (10.31) efecto rizósfera al interactuar el suelo a distancia con la rizósfera de Citrange troyer, el testigo fertilizado con urea tuvo bajo (0.09) efecto rizosférico. Aportar al suelo cachaza-2 al 3% permitió incrementar 3.3 veces el efecto rizósfera respecto al testigo absoluto.

Por otro lado, al aplicar cachaza-1 a dosis 1% (tratamiento 6) en condiciones de vivero, permitió mayor efecto rizosférico (696.2) en comparación con los demás tratamientos, el fertilizante orgánico a base de pinzote a dosis 3% (tratamiento 14) tuvo menor efecto rizósfera (1.12).

Las densidades más altas de bacterias se localizaron en la rizósfera, muchos trabajos similares han reportado estos mismos resultados, ya que la rizósfera es la zona que está influenciado por las raíces de los vegetales (Manoharachary & Mukerji, 2006) y en ella existe un flujo de

compuestos orgánicos exudados por las raíces que son aprovechados por diversos microorganismos, los cuales, estos a su vez, se encargan de fijar el nitrógeno atmosférico, solubilizan diversos minerales, sintetizan hormonas de crecimiento (Ferrera-Cerrato *et al.*, 2001; Loredó-Osti *et al.*, 2004; García *et al.*, 2007; Basak & Biswas, 2010; Rivera-Cruz *et al.*, 2010), y producen agentes patógenos como mecanismos de defensa (Joosten *et al.*, 2009).

#### **6.1.2.2. Bacterias *Azotobacter*.**

Las medias de las densidades bacterianas del género *Azotobacter* en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer cultivado en invernadero y vivero, muestran diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) según los diferentes tipos y dosis de fertilizantes orgánicos, así como los dos testigos estudiados (Cuadro 10) (Apéndice, Cuadros 8, 12, 66 y 70).

Las densidades de *Azotobacter* localizadas en suelo a distancia y en rizósfera de Citrange troyer fueron diferentes en cada uno de los 14 tratamientos establecidos tanto en invernadero como en vivero. En invernadero, nueve de los 14 tratamientos demostraron mayor densidad de *Azotobacter* en rizósfera comparado con las densidades encontradas en suelo a distancia. En vivero fueron 12 tratamientos que estimularon mayor densidad en rizósfera respecto al suelo a distancia. (Cuadro 10).

En invernadero la densidad de bacterias *Azotobacter* en suelo a distancia, fue más alta cuando se aplicó el fertilizante orgánico cachaza-1 con dosis 2% (tratamiento 7) con  $52 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  s.s., la incorporación al suelo de este mismo fertilizante pero a una dosis del 1% (tratamiento 6), presentó la densidad más baja de bacterias de este mismo género con  $13 \times 10^1$  UFC  $g^{-1}$  s.s. El uso de cachaza-1 al 2% aplicado al suelo permitió el incremento de 2.4 veces más la densidad de *Azotobacter* respecto al testigo absoluto y 34.7 veces más que el testigo fertilizado con urea. Al respecto, González *et al.*, (2009) al incorporar la cachaza a dosis del 3 % a un suelo cultivado con limón mexicano y naranja agria encontraron densidades en suelo a distancia de  $27 \times 10^3$  y  $389 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  s.s., respectivamente.

Las densidad de bacterias *Azotobacter* en rizósfera de Citrange troyer, muestran que la aplicación al suelo del fertilizante orgánico cachaza-2 a dosis 2% (tratamiento 10) fue mejor en comparación con los demás tratamientos con  $29 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  r.s. El pinzote a dosis del 1% (tratamiento 12) mostró la densidad más baja de bacterias *Azotobacter* con  $14 \times 10^1$  UFC  $g^{-1}$  r.s. La incorporación al suelo de cachaza-2 al 2% permitió el incremento de 23.6 veces la densidad de estas mismas bacterias respecto al testigo absoluto y 77.9 veces más que el testigo fertilizado con urea.

En vivero, la aplicación al suelo de pinzote en dosis del 3% (tratamiento 14) reflejó la densidad más alta de bacterias *Azotobacter* en suelo a distancia con  $67 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s., en comparación con los 13 tratamientos restantes, sin embargo cuando se aplicó al suelo gallinaza en dosis del 1% (tratamiento 3) estimuló la densidad más baja de estas bacterias con  $1 \times 10^1$  UFC  $g^{-1}$  s.s. La incorporación al suelo de pinzote al 3% en suelo plantado con Citrange troyer permitió el incremento de 10.7 veces más la densidad de *Azotobacter* respecto al testigo absoluto y 27 veces más que el testigo fertilizado. En otras investigaciones, en cultivos de banano enano a campo abierto, se encontraron densidades de *Azotobacter* hasta  $110 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. en rizósfera y  $16 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  s.s. en suelo a distancia de la misma plantación.

Las densidades bacterianas del género *Azotobacter* en rizósfera de Citrange troyer, muestran que la aplicación al suelo del fertilizante orgánico gallinaza a dosis del 1% (tratamiento 3) fue mejor que los demás tratamientos con  $124 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s., el testigo absoluto (tratamiento uno) mostró la densidad más baja de bacterias de este mismo género con  $32 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  r.s. La incorporación al suelo de gallinaza al 1% como fertilizante permitió el incremento de 383.4 veces más la densidad de bacterias respecto al testigo absoluto y 162.5 veces más que el testigo fertilizado con urea.

En otros trabajos, se han encontrado que al incorporar al suelo gallinaza a dosis del 1 % en cultivos de limón mexicano y naranja agria, se encontraron densidades rizosféricas de 42 y  $30 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s., respectivamente (González *et al.*, 2009); Rivera-Cruz *et al.*, (2010) encontraron densidades altas de bacterias *Azotobacter* cuando se incorporó a suelo cultivado

con naranjo agrio estiércol de pollo (pollinaza) a dosis del 1% con  $30 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$ s.s. representando 15 veces mayor la densidad respecto al testigo.

El efecto rizósfera (r/s) fue positivo en 9 de los 14 tratamientos evaluados en invernadero, mientras que en vivero fueron positivos 12 de los 14 tratamientos estudiados. En invernadero estos valores se encuentran entre 0.06 y 129.26, mientras que en vivero se encuentra entre los rangos 0.59-119794, respectivamente.

De los 14 tratamientos evaluados en invernadero, la aplicación de la cachaza-2 a dosis 2% (tratamiento 10), mostró mayor (129.26) efecto rizosférico al interactuar el suelo a distancia con la rizósfera de Citrange troyer; el pinzote a dosis 1% (tratamiento 12) tuvo menor (0.06) efecto rizosférico. Aportar al suelo el fertilizante orgánico cachaza-2 al 2% permite incrementar 219 veces el efecto rizósfera respecto al testigo absoluto.

Por otro lado, los resultados estadísticos muestran que en condiciones de vivero al aplicar gallinaza a dosis del 1% (tratamiento 3) se tiene mayor efecto rizosférico (119794) en comparación con los demás tratamientos, este presentó un incremento de 203040 veces con respecto al testigo absoluto (tratamiento uno) que presentó menor efecto rizósfera (0.59).

### **6.1.2.3. Bacterias solubilizadoras de fosfatos**

Las medias de las densidades de bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) en suelo a distancia y en rizósfera de Citrange troyer cultivado en condiciones de invernadero y vivero, muestran diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) según los diferentes tipos y dosis de fertilizantes orgánicos (Cuadro 11) (Apéndice, Cuadros 9, 13, 67 y 71).

Las densidades de BSP localizadas en suelo a distancia y en rizósfera de Citrange troyer fueron diferentes en cada uno de los 14 tratamientos establecidos tanto en invernadero como en vivero. En invernadero, ocho de los 14 tratamientos mostraron mayor densidad de BSP en rizósfera respecto a las densidades encontradas en suelo a distancia. Sin embargo en vivero

fueron ocho tratamientos que estimularon mayor densidad en rizósfera respecto al suelo a distancia de Citrange troyer (Cuadro 11).

Cuadro 10. Densidad de bacterias *Azotobacter* por efecto de fertilizantes orgánicos y dos testigos en invernadero y vivero con Citrange troyer.

Tratamiento	<i>Azotobacter</i>					
	Invernadero			Vivero		
	Suelo a distancia	Rizósfera	Efecto rizósfera	Suelo a distancia	Rizósfera	Efecto rizósfera
	UFC g <sup>-1</sup> s.s. (10 <sup>1</sup> )	UFC g <sup>-1</sup> s.s. (10 <sup>1</sup> )		UFC g <sup>-1</sup> s.s. (10 <sup>1</sup> )	UFC g <sup>-1</sup> s.s. (10 <sup>1</sup> )	
T1 (Testigo)	221b <sup>§</sup> A <sup>¶</sup>	122Cb	0.59	627cA	323dB	0.59
T2 (Testigo-Urea)	15cB	37cA	2.59	247dB	762dA	3.15
T3 (Gallinaza 1%)	54cB	1486bA	27.51	1dB	123841aA	119794
T4 (Gallinaza 2%)	38cA	15cB	0.43	28dB	67015bA	2374.4
T5 (Gallinaza 3%)	58cA	43cB	0.77	17dB	66266bA	4092.2
T6 (Cachaza-1 1%)	13cB	41cA	3.17	42dB	4322dA	105.15
T7 (Cachaza-1 2%)	521aA	244cB	0.47	4dB	1333dA	322.51
T8 (Cachaza-1 3%)	24cB	1779bA	71.94	589cB	44708cA	75.71
T9 (Cachaza-2 1%)	29cB	2873aA	100	55dB	3109dA	57.33
T10 (Cachaza-2 2%)	23cB	2881aA	129.26	172dB	1614dA	9.45
T11 (Cachaza-2 3%)	18cB	29cA	1.66	1034bA	648dB	0.64
T12 (Pinzote 1%)	253bA	14cB	0.06	10dB	770dA	78.4
T13 (Pinzote 2%)	16cB	67cA	4.02	57dB	714dA	12.5
T14 (Pinzote 3%)	59cB	225cA	3.83	6705aB	7609dA	1.14

<sup>§</sup>Cifras con letras minúsculas diferentes dentro de la misma columna tienen diferencias significativas (Tukey, p≤0.05, a>b). <sup>¶</sup>Cifras con letras mayúsculas diferentes dentro de hileras tienen diferencias significativas (Tukey, p≤0.05, a>b).

En invernadero, estadísticamente la incorporación al suelo de cachaza-2 con dosis del 3% (tratamiento 11) mostró la densidad más altas de BSP en suelo a distancia de Citrange troyer con  $86 \times 10^5$  UFC g<sup>-1</sup>s.s., por el contrario, la aplicación al suelo de gallinaza a una dosis del 3% (tratamiento 5) reflejó la densidad más baja de estas mismas bacterias con  $4 \times 10^3$  UFC g<sup>-1</sup>s.s. la incorporación del fertilizante orgánico cachaza-2 al 3% al suelo cultivado con Citrange troyer permitió el incremento de 330 veces más la densidad de BSP respecto al testigo absoluto y 286 veces más que el testigo fertilizado con urea.

Estos resultados fueron mejores que los obtenidos por Rivera-Cruz *et al.*, (2010) al aplicar la cachaza a dosis del 3 % en naranjo agrio, que obtuvo una densidad de BSP de  $22.1 \times 10^3$  UFC g<sup>-1</sup> r.s. La baja densidad obtenida por la gallinaza al 3 % indican que este fertilizante tuvo un

efecto tóxico en las bacterias solubilizadoras de fosfatos, ya que diversos estudios manifiestan que la dosis 3 % de pollinaza ocasiona efectos de toxicidad a los microorganismos (González *et al.*, 2009; Rivera-Cruz *et al.*, 2010).

Las densidades bacterianas de fosfatos en rizósfera de Citrange troyer, muestran que la aplicación al suelo del fertilizante orgánico cachaza-2 a dosis 3% (tratamiento 11) fue mejor en comparación a los demás tratamientos con  $140 \times 10^5$  UFC  $g^{-1}$  r.s. La gallinaza a dosis del 2% (tratamiento 4) mostró la densidad más baja de BSP con  $15 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  r.s. La incorporación al suelo de cachaza-2 al 3% como fertilizante permitió el incremento de 104.8 veces más la densidad de estas bacterias respecto al testigo absoluto y 51.8 veces más que el testigo fertilizado.

En vivero, la de densidad más alta de BSP en suelo a distancia de Citrange troyer fue encontrado cuando se incorporó al suelo el fertilizante orgánico pinzote a dosis del 3 % (tratamiento 14) con  $61 \times 10^5$  UFC  $g^{-1}$  s.s., este mismo fertilizante pero a una dosis del 1% (tratamiento 12), mostró la densidad más baja con  $17 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. La incorporación del pinzote al 3% en un suelo cultivado con Citrange troyer permitió incrementar 33.6 veces más la densidad de BSP respecto al testigo absoluto y 19.5 veces más que el testigo fertilizado a base de urea.

En rizósfera de Citrange troyer, la mayor densidad de BSP fue encontrada cuando se incorporó al suelo el estiércol de gallina a dosis del 1 % (tratamiento 3) con  $51 \times 10^5$  UFC  $g^{-1}$  r.s. aplicar al suelo el pinzote a dosis del 1% (tratamiento 12) permitió obtener la densidad más baja de BSP  $30 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  r.s. La incorporación del fertilizante orgánico gallinaza a dosis del 1% al suelo cultivado con Citrange troyer permitió incrementar 4.4 veces más la densidad de estas bacterias respecto al testigo absoluto y 104.9 veces más que el testigo fertilizado.

El efecto rizosférico fue positivo en ocho de los 14 tratamientos evaluados en invernadero, mientras que en vivero nueve de los 14 tratamientos reflejaron efectos positivos. En

invernadero, los valores fluctúan entre 0.06 y 2297.94, mientras que en vivero se encuentra entre los rangos 0.01-23.72, respectivamente.

Cuadro 11. Densidad de bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) por efecto de fertilizantes orgánicos y dos testigos en invernadero y vivero con Citrange troyer.

Tratamiento	BSP					
	Invernadero			Vivero		
	Suelo a distancia	Rizósfera	Efecto rizósfera	Suelo a distancia	Rizósfera	Efecto rizósfera
	UFC g <sup>-1</sup> s.s. (10 <sup>3</sup> )	UFC g <sup>-1</sup> s.s. (10 <sup>3</sup> )		UFC g <sup>-1</sup> s.s. (10 <sup>3</sup> )	UFC g <sup>-1</sup> s.s. (10 <sup>3</sup> )	
T1 (Testigo)	26c <sup>§</sup> B <sup>¶</sup>	134cA	5.25	181bB	1170cdA	6.54
T2 (Testigo-Urea)	30cB	271cA	9.02	312bA	49fB	0.16
T3 (Gallinaza 1%)	25cB	44cA	2.003	246bB	5142aA	23.72
T4 (Gallinaza 2%)	68cA	15cB	0.23	106bB	718deA	6.74
T5 (Gallinaza 3%)	4cB	10161bA	2297.94	93bB	364efA	3.9
T6 (Cachaza-1 1%)	448cA	390cB	0.87	156bA	53fB	0.35
T7 (Cachaza-1 2%)	367cA	301cB	0.82	760bB	1843bA	2.43
T8 (Cachaza-1 3%)	2216bA	132cB	0.06	5245aA	1687bcB	0.35
T9 (Cachaza-2 1%)	229cA	21cB	0.10	73bB	528efA	7.25
T10 (Cachaza-2 2%)	15cB	20cA	1.36	87bB	117fA	1.34
T11 (Cachaza-2 3%)	8580aB	14040aA	1.65	176bA	52fB	0.41
T12 (Pinzote 1%)	2205bA	216cB	0.10	17bB	30fA	1.86
T13 (Pinzote 2%)	280cB	386cA	1.64	69bB	269efA	3.85
T14 (Pinzote 3%)	5cB	1267cA	216.91	6090aA	42fB	0.01

<sup>§</sup>Cifras con letras minúsculas diferentes dentro de la misma columna tienen diferencias significativas (Tukey, p≤0.05, a>b). <sup>¶</sup>Cifras con letras mayúsculas diferentes dentro de hileras tienen diferencias significativas (Tukey, p≤0.05, a>b).

De los 14 tratamientos evaluados en invernadero, la aplicación al suelo del fertilizante orgánico gallinaza con dosis del 3% (tratamiento 5) mostró mayor efecto rizosférico con 2297.94 al interactuar el suelo a distancia con la rizósfera de Citrange troyer, la cachaza-1 a dosis 3% (tratamiento 8) indujo menor (0.06) efecto rizosférico.

Aportar al suelo gallinaza al 3% permite incrementar 437.7 veces el efecto rizósfera respecto al testigo absoluto y 254.8 veces más que el testigo fertilizado. En vivero, el estiércol de gallina a dosis del 1% (tratamiento 3) permitió mayor efecto rizosférico con 23.72, este logró incrementar 3.6 veces el efecto rizosférico respecto al testigo absoluto y 148.3 veces más que

el testigo fertilizado con urea. El pinzote a dosis del 3% (tratamiento 14) mostró el efecto rizósfera más bajo con 0.01.

Los resultados obtenidos en esta investigación, muestran que las BSP estuvieron presentes en todos los tratamientos tanto en suelo a distancia como en rizósfera de Citrange troyer, al respecto Kumar *et al.*, 2001 mencionan que las bacterias solubilizadoras de fosfatos pueden ser encontradas en la mayoría de los diferentes tipos de suelos pero Ki-Hyun *et al.*, 2009, mencionan que las poblaciones de bacterias solubilizadoras de fosfatos pueden ser afectadas significativamente por las condiciones de estrés que presenten las plantas.

#### **6.1.2.4. Bacterias solubilizadoras de potasio**

Las medias de las densidades de bacterias solubilizadoras de potasio (BSK) en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer cultivado en invernadero y vivero, muestran diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) según los diferentes tipos y dosis de fertilizantes orgánicos inoculados (Cuadro 12) (Apéndice, Cuadros 10, 14, 68 y 72).

Las densidades de BSK localizadas en suelo a distancia y en rizósfera de Citrange troyer fueron diferentes en cada uno de los 14 tratamientos establecidos tanto en invernadero como en vivero. En invernadero, seis de los 14 tratamientos evaluados mostraron las densidades más altas de BSK en rizósfera respecto a las densidades encontradas en suelo a distancia. Sin embargo, en vivero fueron 11 de los 14 tratamientos que estimularon mayor densidad en rizósfera respecto al suelo a distancia de Citrange troyer (Cuadro 12).

En invernadero, cuando se incorporó al suelo el fertilizante orgánico gallinaza a dosis del 2% (tratamiento 4) obtuvo mayor densidad de BSK que los demás tratamientos con  $231 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. La cachaza-1 a dosis del 3% (tratamiento 8) mostró la densidad más baja de estas bacterias con  $42 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. El uso del estiércol de gallina al 2% como fertilizante, permitió incrementar 19.6 veces más la densidad de BSK respecto a la densidad obtenida por el testigo absoluto y 1.2 veces más que el testigo fertilizado con urea. Estos resultados fueron diferentes que los encontrados por Wu *et al.*, (2005), ya que al aplicar pollinaza a cultivos de

maíz no se mejoró las densidades de BSK; estos investigadores encontraron mayor densidad en el suelo testigo ( $0.65 \times 10^6$  UFC  $g^{-1}$  s.s.) que en el suelo fertilizado con pollinaza ( $0.57 \times 10^6$  UFC  $g^{-1}$  s.s.).

La densidad más alta de BSK en rizósfera de Citrange troyer fue obtenida cuando se aplicó al suelo la cachaza-2 a dosis del 3% (tratamiento 11) con  $257 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s., la densidad más baja de estas bacterias fue obtenido cuando se incorporó al suelo el pinzote con dosis del 2% (tratamiento 13) con  $1 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  r.s. La aplicación al suelo de cachaza-2 al 3% como fertilizante orgánico permitió incrementar 13.4 veces más la densidad de BSK respecto al testigo ( $191 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  r.s.), y 6.8 veces más la densidad que el testigo fertilizado con urea.

En vivero, la incorporación al suelo del fertilizante orgánico estiércol de gallina a una dosis del 1% (tratamiento 3) obtuvo mayor densidad de BSK en suelo a distancia de Citrange troyer con  $302 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s., este mismo fertilizante pero con una dosis del 3% (tratamiento 5) obtuvo la densidad más baja de estas bacterias con  $12 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. La gallinaza al 1% incorporado al suelo cultivado con Citrange troyer permitió incrementar 2.6 veces más la densidad de BSK respecto al testigo absoluto y 1.3 veces más que el testigo fertilizado a base de urea.

Las densidades de bacterias solubilizadoras de K encontradas en rizósfera, muestran que el testigo absoluto (tratamiento uno) fue mejor con  $38 \times 10^5$  UFC  $g^{-1}$  r.s. respecto a los demás tratamientos, la aplicación al suelo de estiércol de gallina a una dosis del 2% (tratamiento 4), permitió una densidad baja de BSK con  $33 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  r.s. El testigo absoluto logró incrementar 66.9 veces más la densidad de estas bacterias que el testigo fertilizado.

Basak & Biswas, 2010, al evaluar los efectos de un inoculante llamado *Bacillus mucilaginosus* (producido a base de bacterias solubilizadoras de potasio) aplicado a pasto sudan (*Sorghum vulgare* Pers.) en hoyas contenedoras tipo invernadero encontraron densidades muy altas de BSK hasta  $1.57 \times 10^8$  UFC  $g^{-1}$  s.s.

El efecto rizósfera en invernadero fue positivo en seis de los 14 tratamientos evaluados, mientras que en vivero 11 de los 14 tratamientos obtuvieron efectos rizosféricos positivos. Los valores en invernadero fluctúan entre 0.01 y 43.18, mientras que en vivero se encuentra entre los rangos 0.25-154.67, respectivamente.

Cuadro 12. Densidad de bacterias solubilizadoras de potasio (BSK), por efecto de fertilizantes orgánicos y dos testigos en invernadero y vivero con Citrange troyer.

Tratamiento	BSK					
	Invernadero			Vivero		
	Suelo a distancia	Rizósfera	Efecto rizósfera	Suelo a distancia	Rizósfera	Efecto rizósfera
	UFC g <sup>-1</sup> s.s. (10 <sup>3</sup> )	s.s. (10 <sup>3</sup> )		UFC g <sup>-1</sup> s.s. (10 <sup>3</sup> )		
T1 (Testigo)	118e <sup>s</sup> B <sup>¶</sup>	191cA	1.69	116cdB	3811aA	33.39
T2 (Testigo-Urea)	1943bA	378cB	0.20	238abA	57fB	0.25
T3 (Gallinaza 1%)	457dA	145cB	0.32	302aB	1660bA	5.76
T4 (Gallinaza 2%)	2308aA	122cB	0.05	15eB	33fA	2.21
T5 (Gallinaza 3%)	169eB	1314bA	7.93	12eB	1842bA	154.67
T6 (Cachaza-1 1%)	475dA	274cB	0.59	167bcA	76fB	0.46
T7 (Cachaza-1 2%)	158eA	154cB	0.99	47deB	1366bcA	28.86
T8 (Cachaza-1 3%)	42eB	1680bA	43.18	222abB	246efA	1.15
T9 (Cachaza-2 1%)	153eB	250cA	1.67	15eB	74fA	4.93
T10 (Cachaza-2 2%)	246deB	1317bA	5.48	168bcA	103fB	0.62
T11 (Cachaza-2 3%)	70eB	2568aA	36.38	44deB	706deA	17.36
T12 (Pinzote 1%)	486dA	231cB	0.48	27deB	532defA	19.53
T13 (Pinzote 2%)	149eA	1cB	0.01	166bcB	783deA	4.85
T14 (Pinzote 3%)	1441cA	1389bB	0.96	276aB	903cdA	3.28

<sup>s</sup>Cifras con letras minúsculas diferentes dentro de la misma columna tienen diferencias significativas (Tukey, p≤0.05, a>b). <sup>¶</sup>Cifras con letras mayúsculas diferentes dentro de hileras tienen diferencias significativas (Tukey, p≤0.05, a>b).

De los 14 tratamiento evaluados en invernadero, la aplicación al suelo de la cachaza-1 a dosis del 3% (tratamiento 8) permitió obtener mayor (43.18) efecto rizósfera, el pinzote al 2% (tratamiento 13) obtuvo bajo efecto rizosférico (0.01). Aportar al suelo cachaza-1 al 3% como fertilizante permite incrementar 25.5 veces el efecto rizósfera respecto al testigo. Por otro lado, al aplicar el fertilizante orgánico a base de gallinaza con una dosis del 3% (tratamiento 5) en condiciones de vivero, permite obtener mayor (154.67) efecto rizósfera en comparación con los demás tratamientos; el testigo fertilizado con urea (tratamiento 2) obtuvo menor (0.25) efecto rizosférico. El uso del estiércol de gallina al 3%, permite incrementar 4.6 veces más el efecto rizosférico respecto al testigo absoluto.

Las variaciones de las unidades formadoras de colonias encontradas en suelo a distancia y en rizósfera puede ser por efecto de los diversos compuestos orgánicos exudados por las plantas y por las diferencias existentes entre una región a otra, sea de raíz o suelo (Díaz-Vargas *et al.*, 2001).

### **6.1.3. Hongos micorrízicos arbúsculares (HMA) en raíz de Citrange troyer**

El porcentaje de colonización de HMA (hifas, arbúsculos y vesículas), en raíz de Citrange troyer en condiciones de invernadero y vivero, muestran diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) según los diferentes tipos y dosis de fertilizantes orgánicos, así como los dos testigos inoculados (Cuadro 13) (Apéndice, Cuadros 15, 16, 17, 73, 74 y 75).

Estadísticamente, el porcentaje de colonización por HMA en raíz de Citrange troyer fue diferente en cada uno de los 14 tratamientos establecidos tanto en invernadero como en vivero. En invernadero ocho tratamientos fueron mejores en el porcentaje de colonización por hifas, 11 tratamientos en la colonización por arbúsculos y 13 tratamientos mostraron ser mayores en la colonización por vesículas en comparación con el porcentaje de colonización (hifas, arbúsculos y vesículas) encontradas en vivero.

#### **6.1.3.1. Hifas**

En invernadero, la incorporación al suelo del estiércol de gallina como fertilizante a dosis del 2% (tratamiento 4) estimuló mayor porcentaje de colonización por hifas (figura 6A) con 95%, en comparación con los 13 tratamientos restantes. La incorporación al suelo de gallinaza a dosis del 3% (tratamiento 5) y el pinzote al 3% (tratamiento 14) permitieron obtener menor (51.7%) porcentaje de infección por hifas. La aplicación al suelo de gallinaza al 2% permitió incrementar 1.3 veces más la colonización por hifas respecto a la colonización encontrada por el testigo absoluto (tratamiento 1) y por el testigo fertilizado (Cuadro 13).

La incorporación al suelo de la cachaza-1 a dosis del 2% (tratamiento 7) en condiciones de vivero permitió obtener mayor porcentaje de colonización por hifas con 93.3%, la gallinaza a dosis 2% (tratamiento 4) obtuvo menor porcentaje de colonización con 57.8%. El uso de cachaza-1 al 2% como fertilizante permitió incrementar 1.3 veces más el porcentaje de

infección por hifas respecto al testigo absoluto y 1.4 veces más que el testigo fertilizado con urea.

La colonización encontrada en invernadero y vivero, muestran que la fertilización orgánica aplicada al suelo son mejores para inducir la colonización por hifas, estos resultados coincide con lo que encontró Salamanca & Cano, (2005) al evaluar la respuesta de sustratos orgánicos (cascarilla de arroz, compost porcino) en cultivos de mandarina Cleopatra (*Citrus reshni*), Araza (*Eugenia stipitata*), Chontaduro (*Bactris gasipaes*), Aguacate (*Persea americana*) y Yopo (*Anadenanthera peregrina*), estos investigadores, encontraron mayor (55%) colonización micorrízica respecto al testigo (11%); así mismo, las compostas integradas con residuos agrícolas (estiércol de vacuno y paja) aplicados a un suelo cultivado con frijol y trigo indujeron mayor colonización de HMA (entre 50 y 60%) en las plantas con respecto al testigo (sin composta) que obtuvieron entre 30 y 40% de colonización (Millaleo *et al.*, 2006).

#### **6.1.3.2. Arbúsculos**

La incorporación al suelo de estiércol de gallina a dosis del 2% (tratamiento 4) permitió obtener mayor porcentaje de colonización por arbúsculos en condiciones de invernadero con 86.7 %, en comparación con los demás tratamientos. La aplicación al suelo del pinzote a dosis del 3% (tratamiento 14) obtuvo menor porcentaje de infección por arbúsculos con 22.2 %. La incorporación al suelo del fertilizante orgánico gallinaza al 2%, incrementó 1.7 veces más la colonización por arbúsculos respecto al porcentaje de colonización encontrado en el testigo absoluto y 1.3 veces más que el testigo fertilizado con urea (Cuadro 13).

En condiciones de vivero, la incorporación al suelo del fertilizante orgánico cachaza-1 a dosis del 2% (tratamiento 7) permitió obtener mayor porcentaje de colonización por arbúsculos con 68.9 %, mientras que la incorporación al suelo del estiércol de gallina a dosis del 2% (tratamiento 4) reflejó menor porcentaje de colonización con un 20 %. La incorporación de la cachaza-1 al 2% a un suelo cultivado con Citrange troyer, permitió aumentar 1.3 veces más el porcentaje de infección por arbúsculos respecto a los dos testigos evaluados (absoluto y fertilizado).

### 6.1.3.3. Vesículas

El porcentaje de colonización por vesículas en raíz de Citrange troyer en condiciones de invernadero, muestran que la aplicación al suelo del fertilizante orgánico gallinaza a una dosis del 2% (tratamiento 4) permitió obtener mayor porcentaje de colonización con 77.9 % en comparación con los demás tratamientos. La incorporación al suelo de pinzote al 3% (tratamiento 14) obtuvo menor porcentaje de infección con 17.8 %. La aplicación del fertilizante orgánico gallinaza al 2% al suelo plantado con Citrange troyer, incremento 1.6 veces la colonización por vesículas respecto al porcentaje de colonización obtenido por el testigo absoluto y 1.5 veces más que el testigo fertilizado (Cuadro 13).

En vivero, la aplicación al suelo del fertilizante orgánico cachaza-1 a dosis del 2% (tratamiento 7) permitió obtener mayor porcentaje de colonización por vesículas (figura 6B) con 51.1%, la gallinaza a dosis del 2% (tratamiento 4), la cachaza-2 al 2% (tratamiento 10) y el pinzote al 3% (tratamiento 14) incorporados al suelo, obtuvieron menor porcentaje de colonización con 4.4%, respectivamente. La incorporación al suelo de la cachaza-1 al 2% logró incrementar 2.4 veces más el porcentaje de infección por vesículas respecto al testigo absoluto y 2.1 veces más que el testigo fertilizado.

Las condiciones del ambiente a la que fueron expuestas las plantas posiblemente influenciaron en los porcentajes de colonización micorrízica (hifas, arbusculos y vesículas), ya que en invernadero las lluvias fueron más controladas y permitieron mayor colonización respecto a las colonizaciones encontrados en vivero, donde las lluvias caían directamente a las plantas, ocasionando arrastre de los fertilizantes orgánicos y disminuyendo la colonización micorrízica.

Estos resultados fueron similares con lo reportado por Fidelibus *et al.*, (2000) que encontraron mayor colonización micorrízica (15-31 %) en raíz de limón Volkameriana sometido a riego constante comparado con las plantas sin riego que permitió menor colonización micorrízica (3-23 %). Así mismo, Sánchez, *et al.*, 2008, encontraron mayor (38%) porcentaje de colonización en trigo sembrado en invernadero respecto al sembrado en campo abierto (9.4 a 16.2%).

Cuadro 13. Colonización por HMA (hifas, arbuscúlos y vesículas) en raíz de Citrange troyer en condiciones de invernadero y vivero con fertilizantes orgánicos y dos testigos.

Tratamientos	Hifas (%)		Arbuscúlos (%)		Vesículas (%)	
	Invernadero	Vivero	Invernadero	Vivero	Invernadero	Vivero
T1 (Testigo)	73.3g <sup>§B</sup> <sup>¶</sup>	74.4eA	51.7jA	50fB	47.8jA	21.1eB
T2 (Testigo-Urea)	75fA	67.8hB	68.3dA	52.2dB	52.2iA	24.4dB
T3 (Gallinaza 1%)	75fA	68.9gB	58.3iA	28.9mB	52.6hA	18.9gB
T4 (Gallinaza 2%)	95aA	57.8iB	86.7aA	20nB	77.9aA	4.4iB
T5 (Gallinaza 3%)	51.7kB	71.1fA	37.2mB	47.8gA	33.3mA	7.8jB
T6 (Cachaza-1 1%)	91.7bA	74.4eB	79.4bA	34.4iB	65cA	27.8cB
T7 (Cachaza-1 2%)	65hB	93.3aA	50kB	68.9aA	38.3iB	51.1aA
T8 (Cachaza-1 3%)	91.7bA	77.8dB	76.7cA	51.1eB	70bA	11.1hB
T9 (Cachaza-2 1%)	80eB	81.1cA	66.7fA	46.7hB	55.5gA	20fB
T10 (Cachaza-2 2%)	75fA	61.1kB	65.1gA	40jB	61.1eA	4.4iB
T11 (Cachaza-2 3%)	90cA	71.1fB	65hA	55.5cB	61.5dA	10iB
T12 (Pinzote 1%)	86.7dA	83.3bB	68.2eA	61.1bB	57.8fA	31.1bB
T13 (Pinzote 2%)	56.6iB	62.2jA	44.2iA	42.2iB	43.3kA	6.7kB
T14 (Pinzote 3%)	51.7jB	66.7iA	22.2nB	36.6kA	17.8nA	4.4iB

<sup>§</sup>Cifras con letras minúsculas diferentes dentro de la misma columna tienen diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). <sup>¶</sup>Cifras con letras mayúsculas diferentes dentro de hileras tienen diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ).

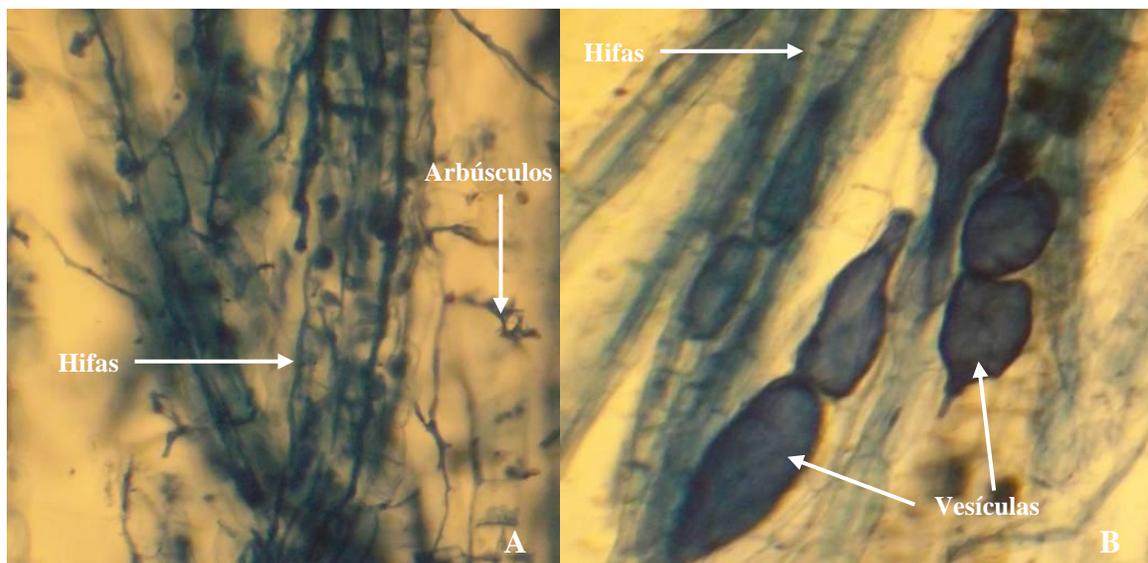


Figura 6. Colonización de las raíces en Citrange troyer por HMA A): Hifas y arbuscúlos en invernadero y B): vesículas en vivero (Fotografías tomadas a 10x).

#### **6.1.4. Comportamiento de Citrange troyer plantado en invernadero y vivero**

##### **6.1.4.1. Altura y Diámetro basal**

Las medias de la altura y diámetro basal de Citrange troyer establecidos en condiciones de invernadero y vivero mostraron diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) por efecto de los diferentes tipos y dosis de fertilizantes aplicados al suelo (Cuadro 14) (apéndice, Cuadros 18, 19, 76, 77).

En invernadero el tratamiento siete inoculado con cachaza-1 a dosis del 2%, permitió obtener mayor altura (97.7 cm) y diámetro basal (10.3 mm) a los 11 meses después de su trasplante. La incorporación al suelo del pinzote a dosis del 3 % (tratamiento 14) como fertilizante obtuvo menor altura en la planta con 24.3 cm y 5 mm de diámetro basal del tallo. La incorporación al suelo de sustratos orgánicos (cachaza-1), aumentó 1.5 veces más la altura y 1.6 veces más el diámetro con respecto al testigo absoluto (tratamiento 1); los incrementos fueron mejores en altura (2 veces) y diámetro basal (1.8 veces) en comparación con el testigo fertilizado a base de urea (tratamiento 2).

En vivero, cuando se incorporó al suelo el estiércol de gallina en dosis del 2% (tratamiento 4) permitió obtener mayor crecimiento de Citrange troyer comparado con los demás tratamientos, al presentar una altura de 115.8 cm, este mismo fertilizante pero a una dosis del 3 % (tratamiento 5) permitió obtener el mejor diámetro basal de tallo con 14 mm. Estos resultados de altura y diámetro basal, obtenido con la adición de gallinaza al 2 % y 3 % fueron 1.6 y 1.9 veces más que los datos obtenidos en el testigo absoluto; así mismo permitieron incrementar 1.3 veces más en altura y 1.1 veces más en diámetro basal que el testigo fertilizado con urea (tratamiento 2).

El incremento en altura y diámetro basal por efecto de la fertilización del suelo con cachaza-1 en dosis del 2 % en invernadero, posiblemente este relacionado con el grado de mineralización, debido a que este subproducto agrícola antes de utilizarlo como fertilizante en esta investigación permaneció por 11 meses expuesta a condiciones climáticas del trópico húmedo y presencia de organismos vivos (plantas, microflora y mesofauna). Otro factor es la alta densidad de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (*Azospirillum* y hongos

micorrízicos) que estuvieron presentes en la rizósfera y suelo a los 11 meses, como se indica en los apartados 6.1.2.1 y 6.1.3 de esta tesis.

Probablemente, la existencia de *Azospirillum* promovió el crecimiento vegetal a través de la fijación de nitrógeno atmosférico, la síntesis de hormonas reguladoras de crecimiento, como el ácido indolacético y por inhibir el crecimiento y la incidencia de patógenos mediante sustancias antibióticas (Bashan *et al.*, 1996; Alarcón *et al.*, 1999; Ferrera-Cerrato *et al.*, 2001).

Por otra parte, los hongos micorrízicos posiblemente favorecieron la captación de agua y nutrientes de baja movilidad (Powell & Bagyaraj, 1984; Atul-Nayyar *et al.*, 2008), además reciclaron eficientemente los nutrientes minerales liberados por la descomposición microbiana (Aristizábal *et al.*, 2004). Así mismo, en plantas jóvenes según Bonfante & Selosse, (2010) la primera colonización micorrízica mejora la absorción de fósforo y el proceso de la fotosíntesis, los cuales inducen al crecimiento y productividad de las plantas (Alarcón *et al.*, 2001; Huseyin *et al.*, 2007; Bonfante & Selosse, 2010).

Cuadro 14. Altura y diámetro basal de Citrange troyer por efecto de fertilizantes orgánicos y dos testigos, a los 11 meses después del trasplante en invernadero y vivero.

Tratamientos	Dosis	Invernadero		Vivero	
	%	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)
T1 (Testigo)	0	64.3(±5)de <sup>§</sup>	6.3(±0.4)d	71.3(±3)ef	7.4(±0.8)g
T2 (Testigo-Urea)	120N	47(±7)efg	5.6(±0.2)de	89(±10)bcde	13(±1)a
T3 (Gallinaza)	1	82(±16)abcd	8.3(±0.3)c	96.3(±3)bcd	10.8(±0.7)bcd
T4 (Gallinaza)	2	74.3(±10)bcd	6.2(±0.2)d	115.8(±7)a	11.3(±0.3)b
T5 (Gallinaza)	3	48.3(±5)ef	5.9(±0.2)de	89(±5)bcde	14(±0.5)a
T6 (Cachaza-1)	1	95(±8)abc	8.6(±0.6)c	87.3(±1)cde	9.6(±0.5)cdef
T7 (Cachaza-1)	2	97.7(±9)a	10.3(±0.7)a	85.7(±3)cde	8.4(±0.4)efg
T8 (Cachaza-1)	3	96.3(±12)ab	9.1(±0.3)bc	76.7(±7)ef	9.2(±0.2)def
T9 (Cachaza-2)	1	73(±7)cd	9.6(±0.2)ab	63.7(±10)f	8(±0.8)fg
T10 (Cachaza-2)	2	91.3(±2)abc	9(±0)bc	78.3(±3)ef	9.8(±0.4)bcde
T11 (Cachaza-2)	3	96(±3)abc	9.8(±0.2)ab	83.3(±3)de	9.6(±0.3)cde
T12 (Pinzote)	1	74.3(±4)bcd	8.2(±0.3)c	106(±4)ab	11.1(±0.4)bc
T13 (Pinzote)	2	40.3(±3)fg	6.3(±0.1)d	81.8(±10)de	10.1(±0.2)bcd
T14 (Pinzote)	3	24.3(±4)g	5(±0.4)e	102.3(±5)abc	10.5(±0.4)bcd

<sup>§</sup>Cifras con letras minúsculas diferentes dentro de la misma columna tienen diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ).

Los mejores resultados obtenidos en altura y diámetro basal en planta Citrange troyer fueron obtenidos en condiciones de vivero, en comparación con los datos obtenidos en invernadero. En vivero, los aumentos en altura fueron obtenidos en ocho de los 14 tratamientos evaluados, y los aumentos en diámetro fueron reflejados por 11 tratamientos en relación a los datos encontrados en condiciones de invernadero (Cuadro 15).

En condiciones de vivero, la incorporación al suelo del estiércol de gallina a dosis del 2 % (tratamiento 4) y el pinzote a dosis del 2 % (tratamiento 13), permitieron mayor un aumento en altura de 41.5 cm respecto a los valores encontrados en invernadero, siendo 6 veces mayor la altura respecto a la altura encontrada en el testigo absoluto. La gallinaza al 3% (tratamiento 5) permitió obtener mejor aumento del diámetro basal del tallo con 8.1 mm, siendo 7.4 veces más que el testigo absoluto y 1.1 veces más que el testigo fertilizado con urea.

Cuadro 15. Aumento de altura y diámetro basal por efecto de fertilizantes orgánicos según el lugar donde se estableció Citrange troyer.

Tratamientos	Dosis %	Invernadero		Vivero		Aumento <sup>¶</sup>	
		Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Altura (cm)	Diámetro (mm)
T1 (Testigo)	0	64.3	6.3	71.3	7.4	7	1.1
T2 (Testigo-Urea)	120N	47	5.6	89	13	42	7.4
T3 (Gallinaza)	1	82	8.3	96.3	10.8	14.3	2.5
T4 (Gallinaza)	2	74.3	6.2	115.8	11.3	41.5	5.1
T5 (Gallinaza)	3	48.3	5.9	89	14	40.7	8.1
T6 (Cachaza-1)	1	95	8.6	87.3	9.6	-7.7	1
T7 (Cachaza-1)	2	97.7	10.3	85.7	8.4	-12	-1.9
T8 (Cachaza-1)	3	96.3	9.1	76.7	9.2	-19.6	0.1
T9 (Cachaza-2)	1	73	9.6	63.7	8	-9.3	-1.6
T10 (Cachaza-2)	2	91.3	9	78.3	9.8	-13	0.8
T11 (Cachaza-2)	3	96	9.8	83.3	9.6	-12.7	-0.2
T12 (Pinzote)	1	74.3	8.2	106	11.1	31.7	2.9
T13 (Pinzote)	2	40.3	6.3	81.8	10.1	41.5	3.8
T14 (Pinzote)	3	24.3	5	102.3	10.5	78	5.5

<sup>¶</sup>El aumento de altura y diámetro de planta en vivero se obtuvo considerando el 100% el valor en vivero y se relacionó con lo obtenido en invernadero.

### 6.1.4.2. Materia seca total

La producción de materia seca total en Citrange troyer incluyó la parte aérea (tallos y hojas) y la parte radical de la planta. Los resultados obtenidos a los 11 meses en condiciones de invernadero y vivero, evidenciaron diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) entre las medias de los diversos tratamientos por efecto de los diferentes tipos y dosis de fertilizantes (Cuadro 16) (Apéndice, Cuadros 20, 21, 22, 78, 79, 80).

En invernadero la mayor producción de materia seca total se encontró cuando se incorporó al suelo la cachaza-2 a dosis del 1% (tratamiento 9) con 24.2 g, y la menor producción de materia seca total se localizó en pinzote a dosis del 3% (tratamiento 14) con 3.6 g. Esta baja respuesta al pinzote, puede deberse a los efectos tóxicos de los subproductos sobre la raíz, posiblemente fueron dosis muy altas que generaron altas temperaturas durante el proceso de oxidación de las moléculas orgánicas que contienen el pinzote.

En vivero, la mayor acumulación de materia seca total en Citrange troyer, se obtuvo cuando se incorporó al suelo el estiércol de gallina a dosis del 3% (tratamiento 5) con un valor de 42.8 g y la menor producción de materia seca total se localizó en el testigo absoluto (tratamiento 1) y en la cachaza-2 al 1% (tratamiento 9) con 11.2 g, respectivamente.

Cuadro 16. Materia seca foliar, radical y total en los diversos tratamientos, evaluados a los 11 meses después del trasplante en invernadero y vivero con Citrange troyer.

Tratamientos	Dosis	Invernadero (g)			Vivero (g)		
		Foliar	Radical	Total	Foliar	Radical	Total
T1 (Testigo)	0	6.6(±0.3)c <sup>§</sup>	6.6(±0)I	13.2(±0.3)f	7.3(±1)d	3.8(±0.1)b	11.2(±0.9)e
T2 (Testigo-Urea)	120N	3.8(±1.2)e	4.4(±0)m	8.2(±1.2)g	24.1(±3.4)a	8.7(±1.6)ab	32.8(±1.8)b
T3 (Gallinaza)	1	10.6(±0.6)b	7(±0)h	17.5(±0.6)e	25.3(±5)a	8.3(±6.8)ab	33.7(±4.5)ab
T4 (Gallinaza)	2	5.9(±0.3)cd	6.4(±0)j	12.3(±0.3)f	21(±2.9)ab	12.8(±1.1)ab	33.8(±1.9)ab
T5 (Gallinaza)	3	3.4(±0.3)e	5.2(±0)k	8.6(±0.3)g	26(±3)a	16.8(±1.7)a	42.8(±4.1)a
T6 (Cachaza-1)	1	10.7(±0.8)b	9.6(±0)e	20.3(±0.8)cd	10.7(±1)cd	7(±2.3)b	17.7(±1.9)de
T7 (Cachaza-1)	2	12.8(±0.9)a	9.7(±0)d	22.5(±0.9)ab	12(±1.1)cd	5.4(±1.4)b	17.4(±1.2)de
T8 (Cachaza-1)	3	13.2(±0.7)a	9.8(±0)c	23.1(±0.7)ab	10.4(±0.6)cd	6.4(±0.6)b	16.7(±0.1)de
T9 (Cachaza-2)	1	10.8(±0.8)b	13.4(±0)a	24.2(±0.8)a	6.4(±0.8)d	4.8(±2.9)b	11.2(±2.5)e
T10 (Cachaza-2)	2	12.4(±0.2)ab	9.1(±0)f	21.6(±0.2)bc	12.5(±2.6)cd	9.5(±5.4)ab	22(±7.7)cd
T11 (Cachaza-2)	3	12(±1)ab	12.2(±0)b	24.1(±1)a	12.5(±0.5)cd	6.4(±2.8)b	18.9(±3.3)cde
T12 (Pinzote)	1	10.7(±0.2)b	8.1(±0)g	18.8(±0.2)de	19.5(±0.9)ab	8.4(±2.2)ab	27.8(±1.5)bc
T13 (Pinzote)	2	4.1(±0.4)de	4.6(±0)l	8.7(±0.4)g	17(±2.2)bc	7.8(±5.2)ab	24.8b(±3)cd
T14 (Pinzote)	3	1.5(±0.2)f	2.1(±0)n	3.6(±0.2)h	22.3(±0.5)ab	10.8(±0.5)ab	33.1(±0.1)b

<sup>§</sup>Cifras con letras diferentes dentro de la misma columna tienen diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ).

Los tratamientos según el lugar en donde se establecieron los experimentos, al parecer tienen un efecto marcado en la respuesta a la producción de materia seca total de Citrange troyer. El efecto según se observa en el Cuadro 17, en ocho de los 14 tratamientos, fue positivo para incrementar la acumulación de materia seca total de la planta en condiciones de vivero.

El mayor efecto con 89.1% de aumento en la producción de materia seca total en planta fue localizado en vivero cuando se fertilizó el suelo con pinzote a dosis del 3% (tratamiento 14); sin embargo este tratamiento fue el que causó efecto tóxico en invernadero, debido a la menor producción de materia seca (3.6 g) (Cuadro 16). La cachaza-2 a dosis del 2% (tratamiento 10) incorporado al suelo permitió menor incremento de acumulación de materia seca total en planta cultivada en vivero respecto a la de invernadero con 1.8%.

Los tratamientos que incluyen dosis del 1, 2 y 3 % de gallinaza y pinzote (Cuadro 17), fueron favorecidos al establecerse en condiciones de vivero respecto a las condiciones de invernadero, posiblemente esta respuesta se debe a que estos substratos generan aumentos de temperatura en el suelo durante el proceso de degradación, y que al entrar en contacto con la raíz pudo afectar su desarrollo.

Por otro lado, en condiciones de invernadero, se controlaba el agua que se adicionaba y los contenedores se mantuvieron cerrados sin escape de agua, en cambio en vivero los contenedores fueron acondicionados con aberturas para que el suelo no se anegara con el agua adicionada y con las lluvias que se depositaban directamente del ambiente. Las condiciones en vivero posiblemente originaron lavado de fertilizante orgánico y disminución de temperatura en el suelo.

Cuadro 17. Aumento de la acumulación de la materia seca total según el lugar donde se estableció Citrange troyer.

Tratamientos	Dosis	Invernadero	Vivero	Aumento <sup>†</sup>
	(%)	(g)	(g)	(%)
T1 (Testigo)	0	13.2f	11.2e	-17.9
T2 (Testigo-Urea)	120N	8.2g	32.8b	75
T3 (Gallinaza)	1	17.5e	33.7ab	48.1
T4 (Gallinaza)	2	12.3f	33.8ab	63.6
T5 (Gallinaza)	3	8.6g	42.8a	79.9
T6 (Cachaza-1)	1	20.3cd	17.7de	-14.7
T7 (Cachaza-1)	2	22.5ab	17.4de	-29.3
T8 (Cachaza-1)	3	23.1ab	16.7de	-38.3
T9 (Cachaza-2)	1	24.2a	11.2e	-116.1
T10 (Cachaza-2)	2	21.6bc	22cd	1.8
T11 (Cachaza-2)	3	24.1a	18.9de	-27.5
T12 (Pinzote)	1	18.8de	27.8c	32.4
T13 (Pinzote)	2	8.7g	24.8bcd	64.9
T14 (Pinzote)	3	3.6h	33.1b	89.1

<sup>†</sup>El aumento en vivero se obtuvo dentro de cada hilera en relación con lo obtenido en invernadero, transformado en porcentaje.

### 6.1.4.3. Relación materia seca foliar y radical

La relación materia seca foliar: materia seca radical (MSF/MSR) nos indica la respuesta que presenta Citrange troyer ante las condiciones hídricas (sequía o humedad) que se tuvieron en invernadero y vivero, además nos permite conocer el crecimiento y desarrollo del cultivo para tomar decisiones adecuadas de manejo.

Los resultados en la relación MSF/MSR de Citrange troyer son diferentes entre tratamientos tanto en condiciones de invernadero como en vivero (Cuadro 18). En invernadero, siete de los 14 tratamientos totales permitieron mayor producción de materia seca radical respecto a la producción de materia seca foliar obtenida (MSF/MSR menor a uno). Sin embargo en condiciones de vivero, en los 14 tratamientos evaluados la relación MSF/MSR es superior al valor de uno, indicador de que la materia seca foliar fue mayor que la radical. Al respecto, Chamorro & Tamagno (2004) mencionan que la relación MSF/MSR depende de las condiciones de lluvia o sequía; el cual pueden afectar o favorecer la absorción de agua y

nutrimentos, obteniendo mayor o menor acumulación de materia seca foliar y/o radical en la planta.

En invernadero la mayor relación con 1.51 se localizó en suelo sometido al fertilizante gallinaza a dosis del 1% (tratamiento 3), este mismo fertilizante pero con dosis del 3% (tratamiento 5) permitió menor relación MSF/MSR con 0.65. Los resultados obtenidos por la gallinaza a dosis del 1 % y 3 % fueron relativamente bajas que la MSF/MSR encontrada por Chamorro & Tamagno (2004) en cultivo de colza primaveral (*Brassica napus* L. ssp *oleifera* forma *annua*) al inicio de la elongación del tallo (2.1) e inicio de la floración de la misma (2.49).

Los resultados indican que Citrange troyer plantado en vivero, obtuvo mayor MSF/MSR en 13 de los 14 tratamientos evaluados respecto a las encontradas en invernadero. En vivero, la mayor relación MSF/MSR se localizo en suelo sometido al fertilizante orgánico gallinaza con dosis del 1% (tratamiento 3) con 3.05, el uso de la cachaza-2 al 2% (tratamiento 10) como fertilizante incorporado al suelo permitió menor relación MSF/MSR con 1.32.

La respuesta de los cultivos ante condiciones de sequía, es el aumento de la relación MSF/MSR y es un indicador de que existe disminución del crecimiento radical con respecto al crecimiento aéreo (foliar) (Blum, 1996). Existen muchos factores que pueden influenciar en la relación MSF/MSR como el tipo de cultivo (Thurling, 1974), estado fenológico de la planta (Chamorro & Tamagno, 2004), dinámica de absorción de nutrientes (Barracough, 1989), disponibilidad hídrica (Potfer *et al.*, 1988), temperatura (Kjellström & Kirchmann, 1994) y el tipo de suelo (Unger & Kaspar, 1994).

El mayor efecto en aumento de la relación MSF/MSR en planta fue localizado en vivero en el testigo fertilizado con urea (tratamiento 2) con 68.8 %. La cachaza-1 a dosis del 3% (tratamiento 8) obtuvo menor (17.1%) aumento en MSF/MSR respecto a invernadero.

Cuadro 18. Relación materia seca foliar: materia seca radical (MSF/MSR) de Citrange troyer cultivado en invernadero y vivero.

Tratamientos	Dosis	Invernadero	Vivero	Aumento <sup>1</sup>
	(%)	MSF/MSR	MSF/MSR	(%)
T1 (Testigo)	0	1	1.92	47.9
T2 (Testigo-Urea)	120N	0.86	2.77	68.8
T3 (Gallinaza)	1	1.51	3.05	50.3
T4 (Gallinaza)	2	0.92	1.64	43.8
T5 (Gallinaza)	3	0.65	1.55	57.8
T6 (Cachaza-1)	1	1.11	1.53	27.1
T7 (Cachaza-1)	2	1.32	2.22	40.6
T8 (Cachaza-1)	3	1.35	1.63	17.1
T9 (Cachaza-2)	1	0.81	1.33	39.6
T10 (Cachaza-2)	2	1.36	1.32	-3.6
T11 (Cachaza-2)	3	0.98	1.95	49.6
T12 (Pinzote)	1	1.32	2.32	43.1
T13 (Pinzote)	2	0.89	2.18	59.1
T14 (Pinzote)	3	0.71	2.06	65.4

<sup>1</sup>El aumento en vivero se obtuvo dentro de cada hilera en relación con lo obtenido en invernadero transformado en porcentaje.

## 6.2. Efecto tipos de fertilizantes

### 6.2.1. Nitrógeno total ( $N_{total}$ ) y fósforo disponible ( $P_{disponible}$ ) en suelo con Citrange troyer

Las medias de  $N_{total}$  y  $P_{disponible}$  en suelo con Citrange troyer plantado en invernadero y vivero, muestran diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) por efecto de tipo de fertilizante (Figura 7) (Apéndice, Cuadros 23, 24, 81 y 82).

El contenido de  $N_{total}$  en suelo cultivado con Citrange troyer en condiciones de invernadero, fue mejor cuando se aplicó el fertilizante orgánico pinzote con 0.31 %, la cachaza-2, permitió obtener menor contenido de  $N_{total}$  con 0.09 %. El pinzote incorporado al suelo permitió incrementar 1.0 veces más el  $N_{total}$  respecto al encontrado en el testigo absoluto y 1.7 veces más que el testigo fertilizado (Figura 7A).

En vivero, el segundo testigo fertilizado con urea, permitió obtener el mayor contenido de  $N_{total}$  con 0.11 % y la incorporación al suelo de la cachaza-1 y el pinzote indujeron menor contenido de  $N_{total}$  en suelo con 0.05 %. La incorporación al suelo de fertilizante inorgánico

urea (testigo fertilizado) permitió incrementar 47 veces más el contenido de  $N_{total}$  en suelo respecto al  $N_{total}$  encontrado en el testigo absoluto (Figura 7A).

En invernadero, el contenido más alto de  $P_{disponible}$  en suelo cultivado con Citrange troyer fue obtenido por el fertilizante cachaza-2 con  $46.8 \text{ mg kg}^{-1}$ , y el testigo absoluto obtuvo el menor contenido de  $P_{disponible}$  con  $7.9 \text{ mg kg}^{-1}$ . La aplicación al suelo de cachaza-2, permitió incrementar 5.9 veces más el contenido de  $P_{disponible}$  respecto al testigo absoluto y 4.5 veces más que el testigo fertilizado (Figura 7B).

En condiciones de vivero, cuando se incorporó al suelo el estiércol de gallina permitió obtener mayor  $P_{disponible}$  con  $64.4 \text{ mg kg}^{-1}$ , y el testigo fertilizado con urea obtuvo el menor contenido con  $7.7 \text{ mg kg}^{-1}$ . La incorporación de gallinaza al suelo cultivado con Citrange troyer en vivero incrementó 5.9 veces más el  $P_{disponible}$  respecto al testigo absoluto y 8.4 veces más que el testigo fertilizado (Figura 7B).

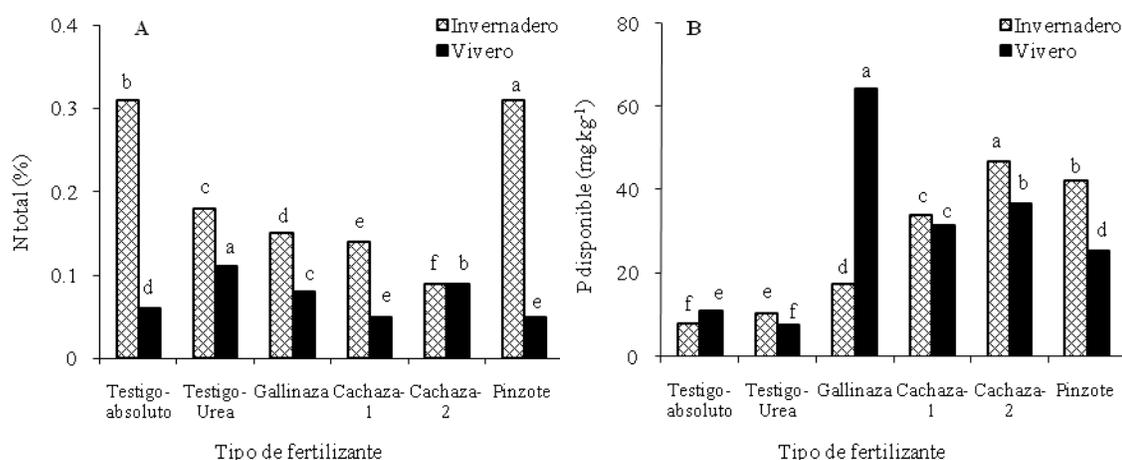


Figura 7. Efecto de tipo de fertilizante en: A)  $N$  total y B)  $P$  disponible en suelo cultivado con Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ).

### **6.2.2. Densidades de bacterias reguladoras de crecimiento vegetal en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer.**

Las medias de la densidad en cada uno de los tipos de bacterias reguladoras del crecimiento vegetal (*Azospirillum*, *Azotobacter*, solubilizadoras de P y solubilizadoras de K) en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer plantado en invernadero y vivero, muestran tanto en suelo a distancia como en rizósfera diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) por efecto de tipo de fertilizante aplicado (Figura 8, 9, 10 y 11).

#### **6.2.2.1. *Azospirillum* en suelo a distancia**

En invernadero, la mayor densidad de *Azospirillum* se obtuvo cuando se fertilizó el suelo con cachaza-1, ya que indujo una densidad de  $46 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s., y el testigo fertilizado con urea obtuvo menor densidad de estas bacterias con  $45 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 8A) (Apéndice, Cuadro 25). La incorporación de la cachaza-1 al suelo plantado con Citrange troyer, permitió incrementar 3.8 veces más la densidad de *Azospirillum* respecto al testigo absoluto y 9.2 veces más que el testigo fertilizado con urea.

En condiciones de vivero, la densidad más alta de *Azospirillum* con  $33 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. se encontró en el testigo fertilizado con urea, mientras que la cachaza-1 incorporada al suelo permitió obtener menor densidad de estas bacterias con  $23 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 8B) (Apéndice, Cuadro 82). El testigo fertilizado permitió incrementar 12.5 veces más la densidad de *Azospirillum* respecto al testigo absoluto.

#### **6.2.2.2. *Azospirillum* en rizósfera**

En invernadero, la aplicación del fertilizante cachaza-1 a suelo cultivado con Citrange troyer, obtuvo mayor densidad de bacterias del género *Azospirillum* con  $50 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s., el testigo fertilizado con urea obtuvo menor densidad de estas bacterias con  $3 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 8A) (Apéndice, Cuadro 29). La cachaza-1 incorporado al suelo permitió incrementar 1.4 veces más la densidad de *Azospirillum* respecto al testigo absoluto y 167 veces más que el testigo fertilizado.

Otras investigaciones han reportado mayor densidad de *Azospirillum* con  $13 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. en cultivos de maíz sin ninguna fertilización comparado con el mismo cultivo pero sometido a fertilización inorgánica que tuvo  $6.89 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Espinoza-Victoria *et al.*, 2006).

En condiciones de vivero, cuando se incorporó al suelo la misma cachaza-1 presentó mayor densidad de *Azospirillum* con  $38 \times 10^5$  UFC  $g^{-1}$  r.s., mientras que el estiércol de gallina obtuvo menor densidad de estas bacterias con  $258 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 8B) (Apéndice, Cuadro 87). La cachaza-1 incorporado al suelo permitió incrementar 1.02 veces más la densidad de *Azospirillum* respecto al testigo absoluto y 8 veces más que el testigo fertilizado con urea.

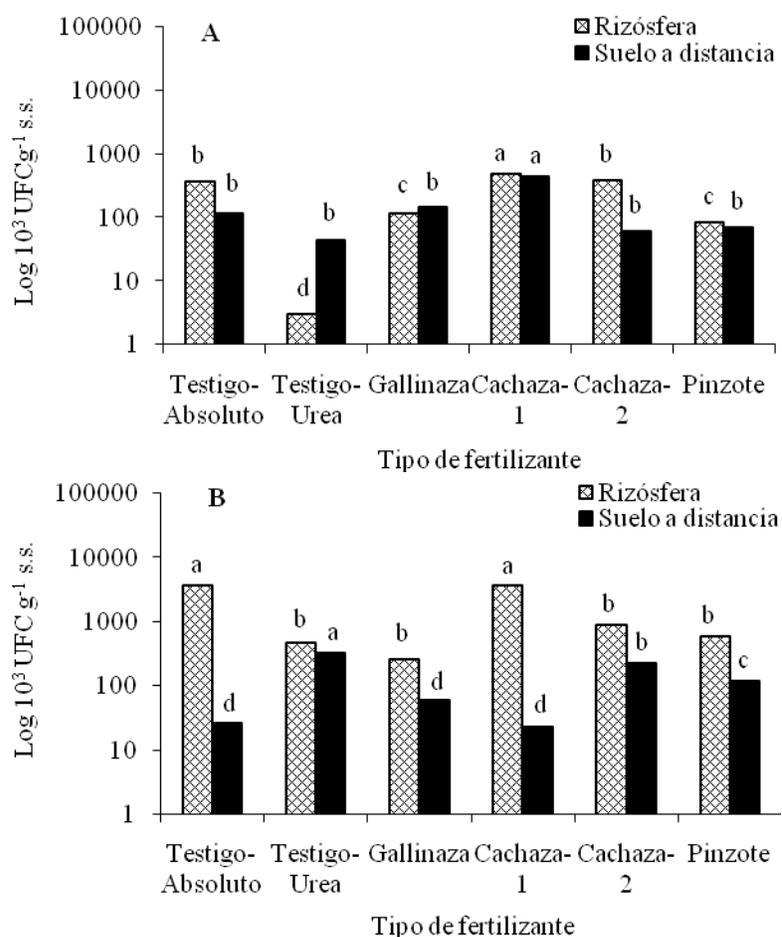


Figura 8. Efecto de tipo de fertilizante en la densidad de *Azospirillum* en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero.

### 6.2.2.3. *Azotobacter* en suelo a distancia

En condiciones de invernadero, se observó mayor densidad de *Azotobacter* en el testigo absoluto con  $22 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  s.s., mientras que el testigo fertilizado con urea permitió obtener menor densidad de estas bacterias con  $1 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 9A) (Apéndice, Cuadro 26).

En condiciones de vivero, cuando se incorporó el fertilizante orgánico pinzote a suelo cultivado con Citrange troyer, presentó mayor densidad de bacterias del género *Azotobacter* con  $23 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s., la gallinaza obtuvo menor densidad de bacterias de este mismo género con  $1 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 9B) (Apéndice, Cuadro 84). El pinzote incorporado al suelo como fertilizante permitió incrementar 3.6 veces más la densidad de *Azotobacter* respecto al testigo absoluto y 9.4 veces más la densidad que el testigo fertilizado con urea.

Los contenidos de P y K favorecen la presencia de *Azotobacter* en el suelo, aunque los niveles óptimos no están bien establecidos (Zapater, 1975; Gupta *et al.*, 1977), los resultados obtenidos con el pinzote posiblemente se deba a que presenta alto contenido de K (Cuadro 5), aunque este mismo fertilizante obtuvo el valor más bajo P disponible respecto a los demás fertilizantes; en otras investigaciones también se han encontrado densidades altas de *Azotobacter* en niveles más bajos de P disponible (42 ppm) respecto a los contenidos más altos (50 ppm) (Zúñiga & Gutiérrez-Correa, 1982).

### 6.2.2.4. *Azotobacter* en rizósfera

En invernadero, los resultados en rizósfera indican que la aplicación del fertilizante cachaza-2 al suelo cultivado con Citrange troyer, permitió obtener mayor densidad de bacterias del género *Azotobacter* con  $192 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  r.s., y el testigo fertilizado con urea presentó menor densidad de estas bacterias con  $3 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 9A) (Apéndice, Cuadro 30). La cachaza-2 incorporado al suelo permitió incrementar 16 veces más la densidad de *Azotobacter* respecto al testigo absoluto y 64 veces más la densidad que el testigo fertilizado con urea. Resultados de aumentos similares fueron obtenidos al aplicar vermicomposta a un suelo cultivado con *Coffea arabica* L. al aumentar 42 veces más la densidad de *Azotobacter* (Delgado *et al.*, 2003).

En condiciones de vivero, cuando se incorporó al suelo el estiércol de gallina permitió obtener mayor densidad de bacterias *Azotobacter* con  $86 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s. y el testigo absoluto obtuvo menor densidad de bacterias de este mismo género con  $32 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 9B) (Apéndice, Cuadro 88). La incorporación al suelo de gallinaza como fertilizante incrementó 268 veces más la densidad de *Azotobacter* respecto al testigo absoluto y 113 veces más la densidad que el testigo fertilizado con urea.

Diversos investigadores han encontrado la efectividad de fertilizantes orgánicos para incrementar las densidades bacterianas y han concluido que el uso adecuado de diversos tipos de estiércol y abonos vegetales permiten aumentar las densidades de *Azotobacter* (Wani *et al.*, 1988) pero niveles altos de N de urea con o sin fertilizante orgánico (estiércol de puerco) aplicado en el suelo, inhiben el crecimiento de las poblaciones bacterianas (Lai *et al.*, 2008).

#### **6.2.2.5. Bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) en suelo a distancia**

La aplicación del fertilizante orgánico cachaza-2 al suelo cultivado con Citrange troyer en condiciones de invernadero, permitió obtener mayor densidad de BSP con  $294 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s., el testigo absoluto presentó la densidad más baja de estas bacterias con  $2 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 10A) (Apéndice, Cuadro 27). Cuando se incorporó al suelo la cachaza-2 como fertilizante, permitió incrementar 147 veces más la densidad de BSP respecto al testigo absoluto y 98 veces más la densidad que el testigo fertilizado con urea.

En condiciones de vivero, los fertilizantes cachaza-1 y el pinzote obtuvieron mayor densidad de BSP ambos con  $205 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s., y la incorporación al suelo de cachaza-2 presentó la densidad más baja de estas bacterias con  $11 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 10B) (Apéndice, Cuadro 85). La fertilización al suelo con cachaza-1 y con pinzote permitió incrementar 11.4 veces más la densidad de BSP respecto al testigo absoluto y 6.6 veces más que el testigo fertilizado con urea.

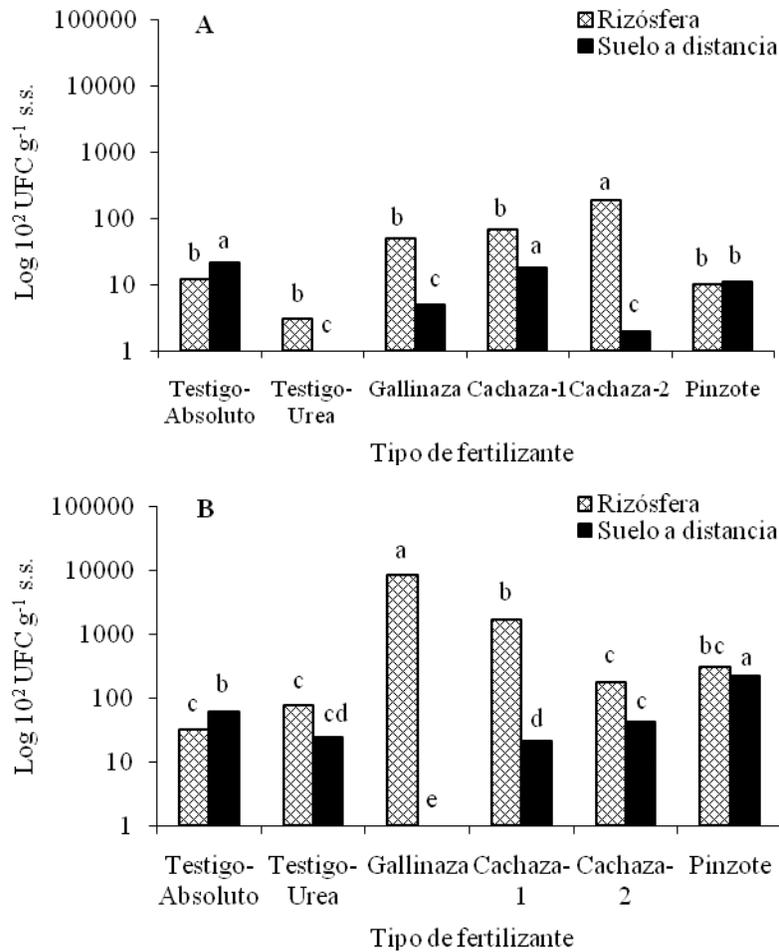


Figura 9. Efecto de tipo de fertilizantes en la densidad de *Azotobacter* en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero.

#### 6.2.2.6. Bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) en rizósfera

En invernadero, la densidad más alta de BSP en rizósfera de Citrange troyer con  $47 \times 10^5$  UFC  $g^{-1}$  r.s., se encontró cuando se fertilizó con cachaza-2, y el testigo absoluto indujo la densidad más baja de estas bacterias con  $13 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 10A) (Apéndice, Cuadro 31). La incorporación al suelo de cachaza-2 como fertilizante permitió incrementar 36 más veces la densidad de BSP respecto al testigo absoluto y 17.4 veces más la densidad que el testigo fertilizado con urea.

En vivero, la incorporación al suelo del estiércol de gallina como fertilizante, indujo mayor densidad de BSP con  $207 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s., mientras que el testigo fertilizado con urea obtuvo la densidad más baja de estas bacterias con  $4 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 10B) (Apéndice, Cuadro 89). La incorporación de gallinaza al suelo cultivado con Citrange troyer incrementó 1.8 veces más la densidad de BSP respecto al testigo absoluto y 52 veces más la densidad que el testigo fertilizado. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Wu *et al.*, (2005), al aplicar pollinaza a un suelo cultivado con maíz encontraron  $1 \times 10^6$  UFC  $g^{-1}$  s.s. de BSP, siendo 1.1 veces mayor la densidad que el testigo ( $0.94 \times 10^6$  UFC  $g^{-1}$  s.s.).

#### **6.2.2.7. Bacterias solubilizadoras de potasio (BSK) en suelo a distancia**

En condiciones de invernadero, se observó la mejor densidad de BSK con  $194 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s., cuando se aplicó al suelo el fertilizante inorgánico urea como fuente de N (testigo fertilizado), mientras que el testigo absoluto permitió obtener la densidad más baja de estas bacterias con  $11 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 11A) (Apéndice, Cuadro 28). El testigo fertilizado obtuvo un incremento de 17.6 veces más la densidad de BSK respecto al testigo absoluto.

El mismo testigo fertilizado con urea, pero en condiciones de vivero permitió obtener mayor densidad de BSK con  $23 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s., y la cachaza-2 presentó la densidad más baja de estas bacterias con  $7 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 11B) (Apéndice, Cuadro 86). La incorporación de urea al suelo cultivado con Citrange troyer permitió incrementar 2.1 veces más la densidad de BSK respecto al testigo absoluto.

#### **6.2.2.8. Bacterias solubilizadoras de potasio (BSK) en rizósfera**

Los resultados para rizósfera de Citrange troyer cultivado en condiciones de invernadero, indican que la aplicación del fertilizante cachaza-2 tuvo mayor densidad de BSK con  $137 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s., el testigo obtuvo menor densidad con  $19 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 11A) (Apéndice, Cuadro 32). La aplicación al suelo de cachaza-2 incrementó 7.2 veces más la densidad de BSK respecto al testigo absoluto y 3.7 veces más la densidad que el testigo fertilizado con urea.

En condiciones de vivero, el testigo absoluto presentó mayor densidad de BSK con  $381 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s., mientras que la urea obtuvo la densidad más baja de estas mismas bacterias con un valor de  $5 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 11B) (Apéndice, Cuadro 90). El testigo absoluto fue 76 veces mayor que el testigo fertilizado.

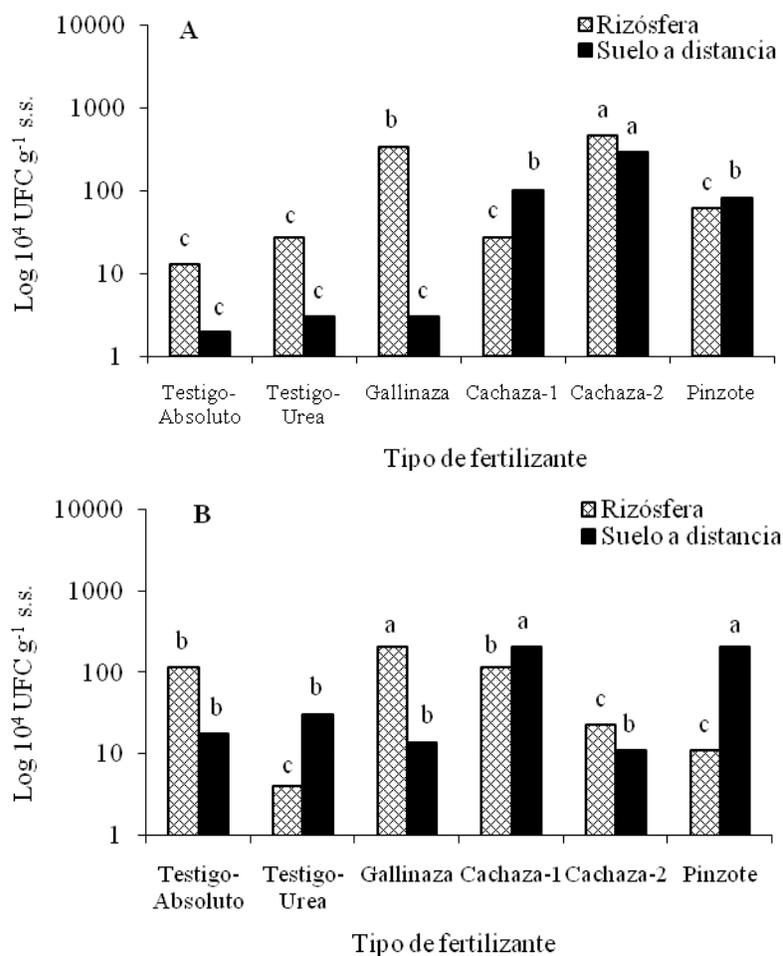


Figura 10. Efecto de tipo de fertilizantes en la densidad BSP en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero.

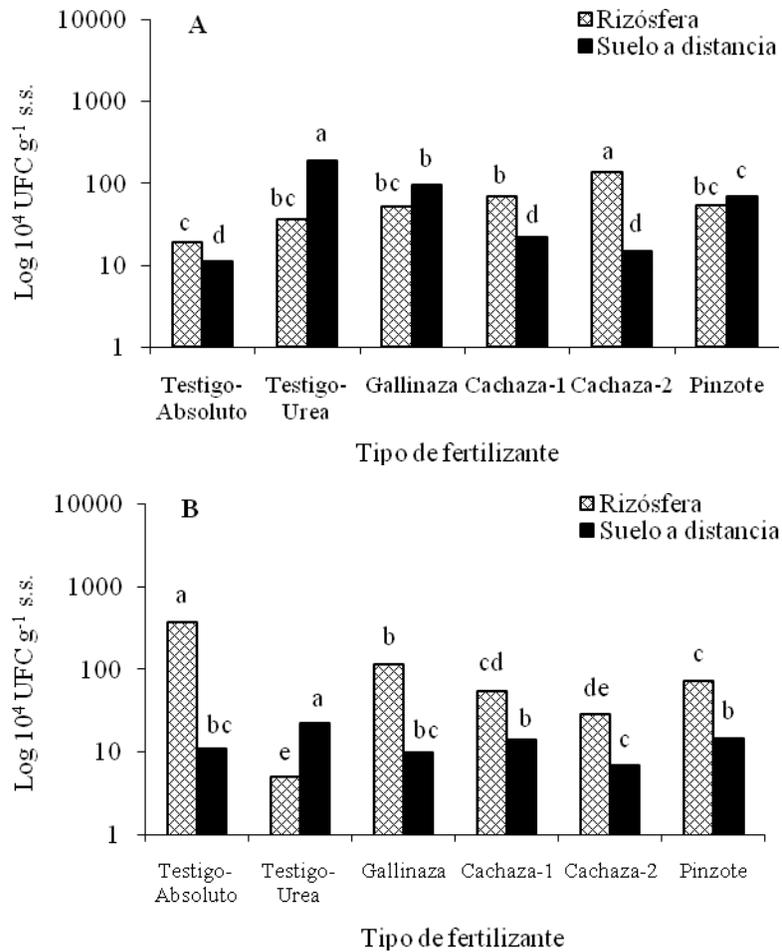


Figura 11. Efecto de tipo de fertilizantes en la densidad de BSK en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero.

### 6.2.3. Hongos micorrízicos arbúsculares (HMA) en raíz de Citrange troyer

Las medias del porcentaje de colonización por HMA (hifas, arbúsculos y vesículas) en raíz de Citrange troyer plantado en condiciones de invernadero y vivero, muestran diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) por efecto de tipo de fertilizante (Cuadro 19) (Apéndice, Cuadros 33, 34, 35, 91, 92, 93).

El porcentaje de colonización por HMA en raíz de Citrange troyer fue diferente en cada uno de los cuatro tipos de fertilizantes orgánicos y los dos testigos evaluados en invernadero y en

vivero. La mejor colonización fue encontrada en invernadero respecto a la colonización encontrada en vivero. La colonización por hifas fue mejor en invernadero cuando se utilizó tres tipos de fertilizantes orgánicos (gallinaza, cachaza-1 y cachaza-2) y un testigo (fertilizado con urea) comparado con la colonización encontrada en vivero. Estos mismos fertilizantes orgánicos y los dos testigos (absoluto y fertilizado) respondieron mejor a la colonización por arbusculos y las vesículas mostraron ser mejores en los cuatro fertilizantes orgánicos y en los dos testigos estudiados.

#### **6.2.3.1. Hifas**

En invernadero, la incorporación del fertilizante orgánico cachaza-1 al suelo plantado con Citrange troyer, indujo mayor porcentaje de colonización por hifas con 82.8% y el pinzote obtuvo menor colonización con 65 %. Cuando se utilizó la cachaza-1 como fertilizante permitió incrementar 1.1 veces más la colonización respecto a la colonización encontrada en los dos testigos (absoluto y fertilizado) (Cuadro 19).

En vivero, cuando se incorporó el fertilizante orgánico cachaza-1 permitió obtener mayor porcentaje de colonización por hifas con 81.8 %, el estiércol de gallina aplicado al suelo obtuvo menor porcentaje de colonización con 65.9 %. El uso de cachaza-1 incrementó 1.1 veces más el porcentaje de infección por hifas respecto al testigo absoluto y 1.2 veces más la colonización que el testigo fertilizado con urea.

Serralde *et al.*, (2004) evaluaron diversos sustratos orgánicos (testigo, caupí y pollinaza) en dos variedades de Maíz (*Zea mays*): una variedad regional denominada clavito e ICA- Sikuani V-110. La colonización fue mejor con la aplicación de pollinaza en la variedad clavito que presentó 94.69 % a diferencia de la variedad Sikuani que obtuvo 83.28 % de colonización con este mismo sustrato orgánico, el incremento fue de 1.1 veces mayor respecto al testigo.

#### **6.2.3.2. Arbúsculos**

La colonización por arbusculos en invernadero, muestran que al aplicar la cachaza-1 como fertilizante indujo mayor porcentaje de colonización con 68.7 %; el pinzote obtuvo la colonización más baja con 44.8 %. La aplicación de cachaza-1 al suelo cultivado con Citrange

troyer, permitió incrementar 1.3 más veces la colonización por arbusculos respecto a la colonización encontrada en el testigo absoluto (Cuadro 19).

En condiciones de vivero, el testigo fertilizado con urea presentó mayor porcentaje de colonización por arbusculos con 52.2 %, la gallinaza obtuvo menor colonización con 32.2 %. El testigo fertilizado permitió incrementar 1.04 veces más el porcentaje de infección que el testigo absoluto.

### **6.2.3.3. Vesículas**

En invernadero, el mayor porcentaje de colonización por vesículas fue encontrado en las plantas fertilizadas con cachaza-2 al obtener 59.4 %, mientras que la aplicación del pinzote al suelo presentó menor porcentaje de colonización en raíz de Citrange troyer con 39.6 %. La cachaza-2, permitió incrementar 1.2 veces más la colonización por vesículas respecto a la colonización encontrada en el testigo absoluto y 1.1 veces más la colonización que lo encontrado en el testigo fertilizado con urea (Cuadro 19).

En condiciones de vivero, cuando se fertilizó el suelo con cachaza-1, obtuvo mayor porcentaje de colonización por vesículas con 30 %, el estiércol de gallina incorporado al suelo presentó menor porcentaje de colonización con 10.3 %. El uso del fertilizante orgánico cachaza-1 incrementó 1.4 veces más la colonización por vesículas respecto al porcentaje encontrado en el testigo absoluto y 1.2 veces más la colonización que el testigo fertilizado con urea.

Los resultados en esta investigación muestran la eficiencia de los HMA para asociarse con las raíces de Citrange troyer, ya que la colonización por hifas, arbusculos y vesículas fueron positivas en todas las plantas por efectos de los fertilizantes orgánicos y los dos testigos. Al respecto, diversos autores afirman que los cítricos son altamente dependientes de los hongos micorrízicos arbusculares, ya que estos favorecen la disponibilidad del fósforo (P) para las plantas (Menge *et al.*, 1978; Nemeček, 1978).

Dicha asociación micorrízica, son influenciadas por las características físicas o químicas del suelo; como el tipo de suelo (Graham *et al.*, 1982), el PH, la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, los contenidos nutrimentales P, Zn, Mn y Cu, los cuales pueden

disminuir o aumentar significativamente la eficiencia de los HMA para colonizar las raíces del portainjerto Citrange troyer (Menge *et al.*, 1982).

En otras investigaciones, en Citrange troyer se han encontrado entre 95 % y 98 % de colonización micorrízica evaluadas a los cuatro meses después de su transplante en macetas (Graham *et al.*, 1982), en raíces de maíz fertilizados con pollinaza, se han encontrado hasta 80 % de colonización micorrízica, 8 veces más la colonización que el testigo con 10 % (Wu *et al.*, 2005).

Cuadro 19. Efecto tipo de fertilizantes en la colonización por HMA en raíz de Citrange troyer. Invernadero y vivero.

Tipo	Hifas (%)		Arbúsculos (%)		Vesículas (%)	
	Invernadero	Vivero	Invernadero	Vivero	Invernadero	Vivero
Testigo	73.3eB	74.4bA	51.7e A	50cB	47.8e A	21.1cB
Testigo-Urea	75cA	67.8eB	68.3bA	52.2aB	52.2dA	24.4bB
Gallinaza	73.9d <sup>§</sup> A <sup>¶</sup>	65.9fB	60.7dA	32.2fB	54.6cA	10.3fB
Cachaza-1	82.8aA	81.8aB	68.7aA	51.5bB	57.8bA	30aB
Cachaza-2	81.7bA	71.1cB	65.6cA	47.4dB	59.4aA	11.5eB
Pinzote	65fB	70.7dA	44.8fB	46.7eA	39.6fA	14.1dB

<sup>§</sup>Cifras con letras minúsculas diferentes dentro de la misma columna tienen diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ , a>b). <sup>¶</sup>Cifras con letras mayúsculas diferentes dentro de hileras tienen diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ , a>b).

## 6.2.4. Comportamiento de Citrange troyer plantado en invernadero y vivero

### 6.2.4.1. Altura y diámetro basal

Los efectos de la fertilización al suelo de cuatro fertilizantes orgánicos y los dos testigos (absoluto y fertilizado) indujeron diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) en las medias de altura y diámetro basal de Citrange troyer establecidos en condiciones de invernadero y vivero (Figura 12) (Apéndice, Cuadros 36, 37, 94, 95).

En invernadero, la mayor altura fue obtenida cuando se fertilizó el suelo con cachaza-1 con un valor de 96.3 cm, mientras que el pinzote incorporado al suelo indujo la altura más baja con 46.3 cm. La incorporación de la cachaza-1 como fertilizante orgánico, permitió incrementar 1.5 veces más la altura respecto a la altura encontrada en las plantas sin fertilizante (testigo absoluto) y 2 veces más la altura que el testigo fertilizado con urea (Figura 12A). En vivero, el uso del estiércol de gallina aplicado al suelo como fertilizante presentó mayor altura en

Citrangue troyer con 100.4 cm, este valor representó un incremento de 1.4 veces más respecto a la altura obtenida por el testigo absoluto, que fue el valor más bajo con 71.3 cm; y 1.1 veces más la altura que el testigo fertilizado con urea.

Resultados similares de efectividad se obtuvieron con estiércoles de animales, en el Distrito de Changnyeong Korea, en donde Lee (2010) evaluó la eficiencia de la fertilización orgánica a base de fertilizante orgánico líquido compuesto con estiércol y paja en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.); sus resultados reflejaron mayor altura al usar fertilizante orgánico con 64.2 cm a los 189 días después del trasplante, lo cual representó un incremento de 1.4 veces más respecto a la altura (45.6cm) obtenida por las plantas no fertilizadas (testigo).

Armadans, (2000) evaluó el crecimiento de Citrange troyer solo con la aplicación de estiércol vacuno (como fuente de materia orgánica), arena y suelo (relación 5:4:3), y encontró una altura final de 36.98 cm a los 9 meses después de la siembra en macetas bajo cobertura muerta.

En invernadero, la mejor respuesta de grosor del diámetro basal del tallo en Citrange troyer fue obtenida cuando se incorporó al suelo la cachaza-1 y la cachaza-2 con 9.3 mm y 9.5 mm, respectivamente, estos fertilizantes orgánicos permitieron incrementar 1.5 veces más el diámetro respecto al diámetro obtenido por el testigo absoluto y 1.7 veces más que el testigo fertilizado con urea como fuente de N, el cual indujo menor diámetro basal de tallo con 5.6 mm (Figura 12B).

En vivero, la gallinaza y el testigo fertilizado con urea permitieron obtener el diámetro basal de tallo más alto con 12 mm y 13 mm, respectivamente. Por otro lado, el testigo absoluto obtuvo menor diámetro de tallo con 7.4 mm. El estiércol de gallina incorporado al suelo permitió incrementar 1.6 veces más el diámetro respecto al testigo absoluto y el testigo fertilizado incrementó 1.8 veces más el diámetro basal respecto al mismo testigo absoluto.

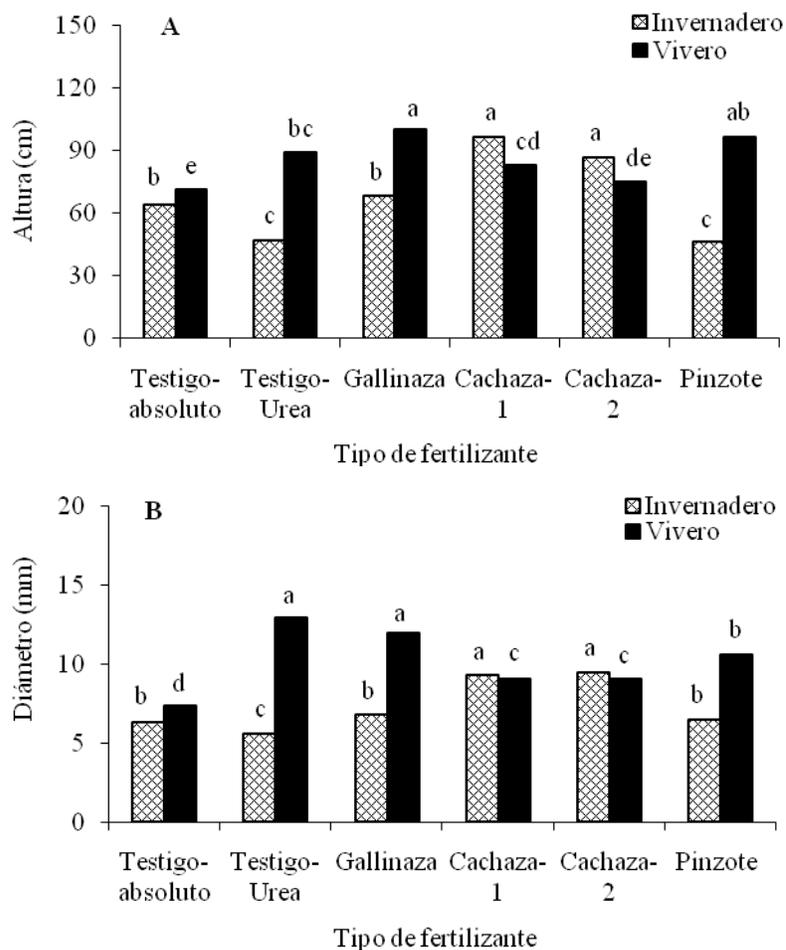


Figura 12. Efecto de tipo de fertilizantes en altura y diámetro basal en Citrange troyer a los 11 meses después de su transplante. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). A): Altura; B): Diámetro basal de tallo.

#### 6.2.4.2. Materia seca total

La producción de materia seca total por el efecto de los diferentes tipos de fertilizantes en Citrange troyer, a los 11 meses después del transplante establecidos en invernadero y vivero, mostraron diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) (Figura 13) (Apéndice, Cuadros 38, 39, 40, 96, 97, 98).

La mayor producción de materia seca total en Citrange troyer, en invernadero fue obtenida por la cachaza-2 con 23.3 g, y el testigo fertilizado con urea indujo menor materia seca total con

8.2 g. El uso de cachaza-2 como fertilizante orgánico permitió incrementar 1.7 veces más la materia seca total respecto a lo encontrado en el testigo absoluto.

En vivero, la gallinaza indujo mayor materia seca total con un valor de 36.8 g, que representa 3.3 veces más respecto a la materia seca total encontrado en el testigo absoluto que reflejo el valor más bajo con 11.2 g y 1.1 veces más la acumulación de materia seca que el testigo fertilizado con urea.

En invernadero y vivero la fertilización orgánica al suelo demostraron capacidad para inducir mayor producción de materia seca total, estos resultados coinciden con los obtenidos por Salas *et al.*, (2001) al evaluar diversos sustratos orgánicos (pollinaza, composta, bocashi, etc.) en chile dulce (a los 97 días después de la siembra) y plantas de tomate (32 días después de la siembra); ellos encontraron mayor materia seca foliar en plantas inoculadas con pollinaza, los valores fueron de 28.59 g en chile dulce y 12.65 g en tomate, respecto al testigo que obtuvo 10.72 g (chile dulce) y 2.98 g (tomate).

#### **6.2.4.3. Relación materia seca foliar y radical**

La mayor producción de materia seca foliar de la planta en invernadero con 12.2 g, fue obtenida cuando se aplicó la cachaza-1 al suelo cultivado con Citrange troyer; en vivero la gallinaza y el testigo fertilizado con urea indujeron mayor producción con 24.1 g, respectivamente. La mayor acumulación de materia seca radical en invernadero con 11.6 g fue obtenido por la cachaza-2, y la gallinaza fue mejor en vivero con 12.7 g (Cuadro 20).

La relación materia seca foliar: materia seca radical (MSF/MSR) en Citrange troyer son diferentes en cada tipo de fertilizantes tanto en invernadero como vivero (Cuadro 21). En invernadero, solo en el testigo fertilizado con urea, se encontró mayor materia seca de raíz respecto a la materia seca del follaje (MSF/MSR menor a uno). Sin embargo, en vivero los cuatro fertilizantes orgánicos y los dos testigos presentaron una relación MSF/MSR mayor a uno, indicador de que el follaje fue mayor que la raíz.

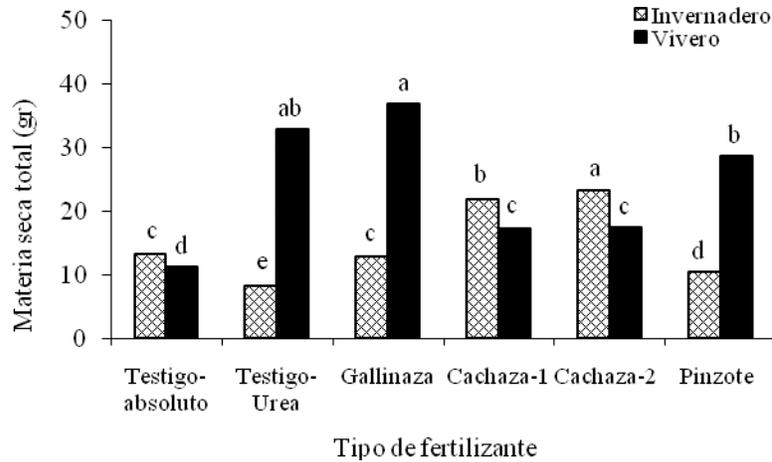


Figura 13. Materia seca total en Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante, según el efecto de los tipos de fertilizantes. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ).

En invernadero la mayor relación MSF/MSR se localizó en suelo con fertilizante orgánico cachaza-1 con 1.26, el testigo fertilizado (urea) obtuvo menor relación MSF/MSR con 0.86. En vivero, la mayor relación MSF/MSR se localizó en el testigo fertilizado con urea al obtener 2.77, y la cachaza-2 incorporado al suelo como fertilizante presentó menor relación MSF/MSR con 1.52. Resultados similares fueron encontrados por Chamorro & Tamagno (2004) al evaluar la fertilización inorgánica ( $27 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$  y  $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}$ ) en cultivo de colza primaveral (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* forma *annua*), la relación MSF/MSR en las parcelas fertilizadas fue de 3.4, siendo mejor que el testigo (2.1).

El efecto de la relación MSF/MSR fue mayor en Citrange troyer cultivado en condiciones de vivero en comparación a los encontrados en invernadero. El mayor efecto en aumento de la relación MSF/MSR en planta fue localizado en vivero cuando se fertilizó el suelo con urea (testigo fertilizado) con un valor de 68.82 %. La cachaza-1 presentó menor aumento de esta relación en planta cultivada en vivero respecto a la de invernadero con 27.97 %.

Cuadro 20. Materia seca foliar y radical en Citrange troyer por efecto de tipo de fertilizantes tanto en invernadero como en vivero.

Tipo	Foliar (g)		Radical (g)	
	Invernadero	Vivero	Invernadero	Vivero
Testigo	6.6bc <sup>§</sup>	7.3c	6.6c	3.8b
Testigo-Urea	3.8d	24.1a	4.4f	8.7ab
Gallinaza	6.6b	24.1a	6.2d	12.7a
Cachaza-1	12.2a	11.0c	9.7b	6.3b
Cachaza-2	11.7a	10.5c	11.6a	6.9ab
Pinzote	5.4c	19.6b	4.9e	9ab

<sup>§</sup>Cifras con letras diferentes dentro de la misma columna tienen diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ).

Cuadro 21. Relación MSF/MSR de Citrange troyer cultivado en invernadero y vivero.

Tipos	Invernadero	Vivero	Aumento <sup>¶</sup>
	MSF/MSR	MSF/MSR	(%)
Testigo	1	1.92	47.95
Testigo-Urea	0.86	2.77	68.82
Gallinaza	1.06	1.9	43.9
Cachaza-1	1.26	1.75	27.97
Cachaza-2	1.01	1.52	33.72
Pinzote	1.1	2.18	49.4

<sup>¶</sup>El aumento en vivero se obtuvo dentro de cada hilera en relación con lo obtenido en invernadero transformado en porcentaje.

### 6.3. Efecto dosis de fertilizantes

#### 6.3.1. Nitrógeno total ( $N_{total}$ ) y fósforo disponible ( $P_{disponible}$ ) en suelo con Citrange troyer

Las medias de  $N_{total}$  y  $P_{disponible}$  en suelo cultivado con Citrange troyer en invernadero y vivero, muestran diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) por efecto de dosis de fertilizante (Figura 14) (Apéndice, Cuadros 41, 42, 99, 100).

En condiciones de invernadero, el contenido de  $N_{total}$  en suelo fue mejor con la dosis 0 % (testigo absoluto) con 0.31 %, la dosis 1 % tuvo menor contenido de  $N_{total}$  con 0.1 % (Figura 14A). En vivero, la dosis 120 N a base de urea presentó mayor contenido de  $N_{total}$  con 0.11 % y la dosis 1% tuvo menor contenido de  $N_{total}$  con 0.05 %. La dosis 120 N (testigo fertilizado con urea) permitió incrementar 1.8 veces más el  $N_{total}$  respecto al  $N_{total}$  encontrado en la dosis 0 %.

En invernadero, el contenido más alto de  $P_{\text{disponible}}$  en suelo cultivado con Citrange troyer fue obtenido cuando se aplicó la dosis 3 % de fertilizante orgánico con  $49 \text{ mg kg}^{-1}$ , la dosis 0 % indujo menor contenido de  $P_{\text{disponible}}$  con  $7.9 \text{ mg kg}^{-1}$  (Figura 14B). La dosis 3 % de fertilizantes orgánicos permitió incrementar 6.2 veces más el contenido de  $P_{\text{disponible}}$  respecto a lo encontrado en la dosis 0 %.

En condiciones de vivero, la dosis 2 % presentó mejor contenido de  $P_{\text{disponible}}$  con  $65.8 \text{ mg kg}^{-1}$  y la dosis 120 N (urea) obtuvo menor contenido de  $P_{\text{disponible}}$  con  $7.7 \text{ mg kg}^{-1}$ . Los fertilizantes orgánicos aplicados a dosis del 2 % en vivero, permitió incrementar 6 veces más el contenido de  $P_{\text{disponible}}$  respecto a la dosis 0 %, que obtuvo  $11 \text{ mg kg}^{-1}$  y 8.5 veces más que la dosis 120 N a base de urea.

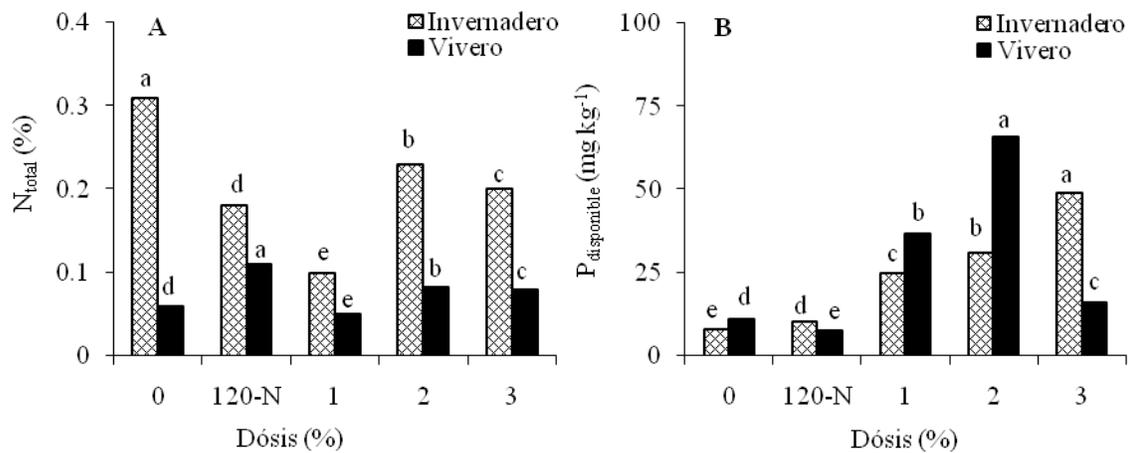


Figura 14. Efecto de dosis de fertilizante en A) N total y B) P disponible en suelo cultivado con Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ).

### **6.3.2. Densidades de bacterias reguladoras de crecimiento vegetal en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer.**

La media de la densidad de bacterias del género *Azospirillum*, *Azotobacter*, BSP y BSK, en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer establecidos en invernadero y vivero, presentaron diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ), por efecto de dosis de fertilizantes orgánicos y los dos testigo (Figura 15, 16, 17 y 18).

#### **6.3.2.1. *Azospirillum* en suelo a distancia**

En condiciones de invernadero se observó la mejor densidad de bacterias del género *Azospirillum* por el efecto de la dosis 1 % con  $275 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. y la densidad más baja fue obtenida por la dosis 2% con  $35 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 15A) (Apéndice, Cuadro 43). Los fertilizantes orgánicos incorporados al suelo en dosis del 1 %, permitió incrementar 2.3 veces más la densidad de estas bacterias respecto a la densidad encontrada en la dosis 0 % (testigo absoluto) y 6.1 veces mayor la densidad que la dosis 120 N (testigo fertilizado).

En condiciones de vivero, la dosis 120 N a base de urea (testigo fertilizado) obtuvo mayor densidad de *Azospirillum* con  $33 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. y la dosis 0 % (testigo absoluto) presentó menor densidad de estas bacterias con  $26 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 15B) (Apéndice, Cuadro 101). La incorporación de urea a dosis 120 N a suelo plantado con Citrange permitió incrementar 12.5 veces más la densidad de *Azospirillum* respecto a la dosis 0 %.

#### **6.3.2.2. *Azospirillum* en rizósfera**

La incorporación al suelo de fertilizantes orgánicos a dosis de 3 % en invernadero, presentó la densidad más alta de bacterias del género *Azospirillum* con  $40 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s. la dosis incorporada por el testigo fertilizado (120 N) obtuvo menor densidad de estas bacterias con  $3 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 15A) (Apéndice, Cuadro 47). La dosis 3 % fue 1.1 veces mayor la densidad de *Azospirillum* respecto al testigo absoluto (0 %) y 133 veces más que el testigo fertilizado a dosis 120 N.

En condiciones de vivero, la mayor densidad de *Azospirillum* con  $37 \times 10^5$  UFC  $g^{-1}$  r.s. fue obtenida por la dosis 0%, mientras que la dosis 3 % indujo la densidad más baja de bacterias

de este mismo género con  $31 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 15B) (Apéndice, Cuadro 105). La dosis 0 % permitió obtener 7.9 veces más la densidad de *Azospirillum* que la dosis 120 N a base de urea.

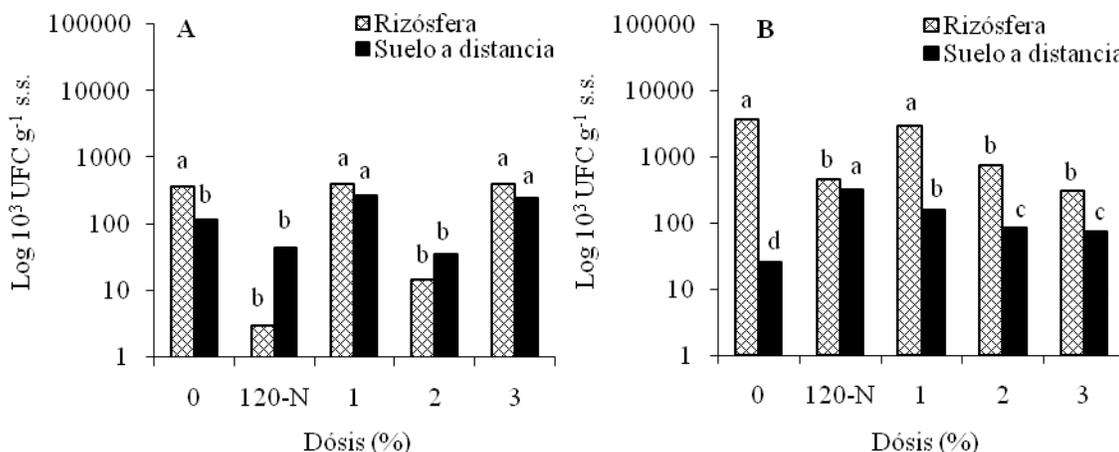


Figura 15. Efecto de dosis de fertilizantes en la densidad de *Azospirillum* en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero.

### 6.3.2.3. *Azotobacter* en suelo a distancia

En invernadero, la densidad más alta de *Azotobacter* en suelo a distancia de Citrange troyer se registró por el efecto de la dosis 0 % (testigo absoluto) con  $22 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  s.s.; la densidad más baja fue reflejada por la dosis 120 N a base de urea con  $1 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 16A) (Apéndice, Cuadro 44).

En vivero, cuando se aplicó al suelo los fertilizantes orgánicos a dosis del 3 % obtuvo mayor densidad de *Azotobacter* con  $21 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. y la dosis 1 % presentó menor densidad de bacterias de este mismo género con  $2 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 16B) (Apéndice, Cuadro 102). La dosis 3% permitió incrementar 3.4 veces mayor la densidad de *Azotobacter* respecto a la densidad obtenida por la dosis 0 % y 8.7 veces mayor que la dosis 120 N.

### 6.3.2.4. *Azotobacter* en rizósfera

En invernadero, el efecto de la dosis 1% en rizósfera de Citrange troyer obtuvo la densidad más alta de bacterias del género *Azotobacter* con  $110 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  r.s. y la dosis 120 N del testigo fertilizado con urea, presentó menor densidad de estas bacterias con  $3 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  r.s.

(Figura 16A) (Apéndice, Cuadro 48). La dosis 1% permitió incrementar 9.2 veces más la densidad de *Azotobacter* respecto a la dosis 0 % (testigo absoluto) y 36.7 veces mayor que el testigo fertilizado a dosis 120 N.

En condiciones de vivero, la mayor densidad de *Azotobacter* fue obtenida por el efecto de la dosis 1 % con un valor de  $33 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s., mientras que la dosis 0 % (testigo absoluto) refleja la densidad más baja con  $32 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 16B) (Apéndice, Cuadro 106). La dosis 1% incrementó 103.2 veces mayor la densidad respecto al testigo absoluto (0 %) y 43.4 veces mayor que el testigo fertilizado con urea a 120 N.

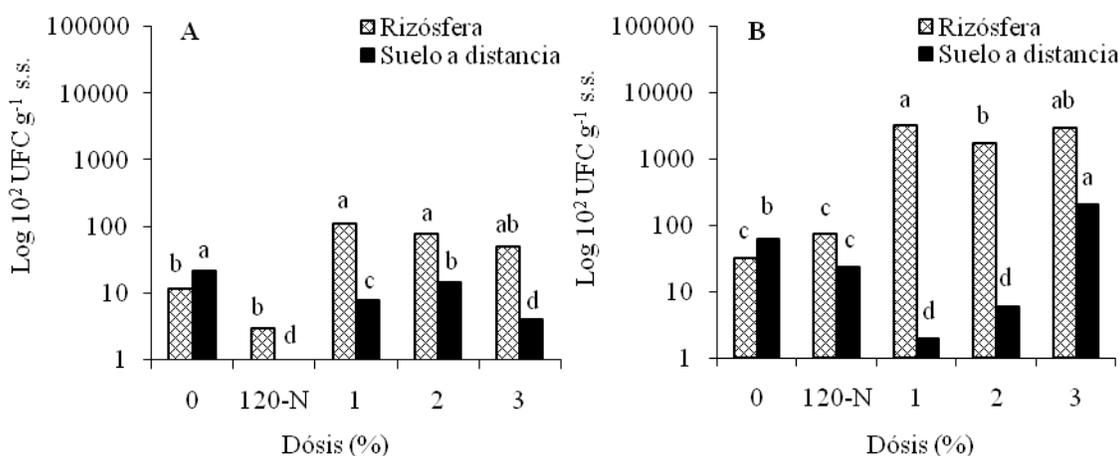


Figura 16. Efecto de dosis de fertilizantes en la densidad de *Azotobacter* en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero.

### 6.3.2.5. Bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) en suelo a distancia

En condiciones de invernadero, la densidad más alta de BSP con  $27 \times 10^5$  UFC  $g^{-1}$  s.s. en suelo a distancia de Citrange troyer, fue obtenido por el efecto de la dosis 3 % y la dosis 0 % obtuvo la densidad más baja con  $2 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 17A) (Apéndice, Cuadro 45). La aplicación de fertilizantes orgánicos a dosis del 3 % permitió incrementar 135 veces más la densidad de BSP respecto a la densidad obtenida por la dosis 0 % y 90 veces mayor que la dosis 120 N aplicada a base de urea.

En vivero, la dosis 3 % permitió obtener mayor densidad de BSP con  $29 \times 10^5$  UFC  $g^{-1}$  s.s. y la dosis 1% obtuvo menor densidad de estas bacterias con  $12 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 17B) (Apéndice, Cuadro 103). La dosis 3% permitió incrementar 16.1 veces más la densidad de BSP respecto a la densidad obtenida por la dosis 0 % y 9.4 veces mayor la densidad que lo encontrado en el testigo fertilizado a 120 N.

### 6.3.2.6. Bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSP) en rizósfera

La dosis 3 % en rizósfera de Citrange troyer cultivado en invernadero, tuvo la densidad más alta de BSP con  $64 \times 10^5$  UFC  $g^{-1}$  r.s. y la dosis 0 % (testigo absoluto) presentó menor densidad de estas bacterias con  $13 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 17A) (Apéndice, Cuadro 49). La fertilización orgánica a dosis del 3%, permitió incrementar 49.2 veces más la densidad de BSP respecto a la dosis 0 % y 23.7 veces más que la densidad encontrada en el testigo fertilizado a dosis 120 N.

En condiciones de vivero, la mayor densidad de BSP fue obtenida por el efecto de la dosis 1% con  $143 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s., mientras que el testigo fertilizado a dosis 120 N tuvo la densidad más baja de estas bacterias con  $4 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 17B) (Apéndice, Cuadro 107). La dosis 1% permitió incrementar 1.2 veces más la densidad de BSP respecto a la densidad obtenida por la dosis 0% y 35.8 veces más que la dosis 120 N.

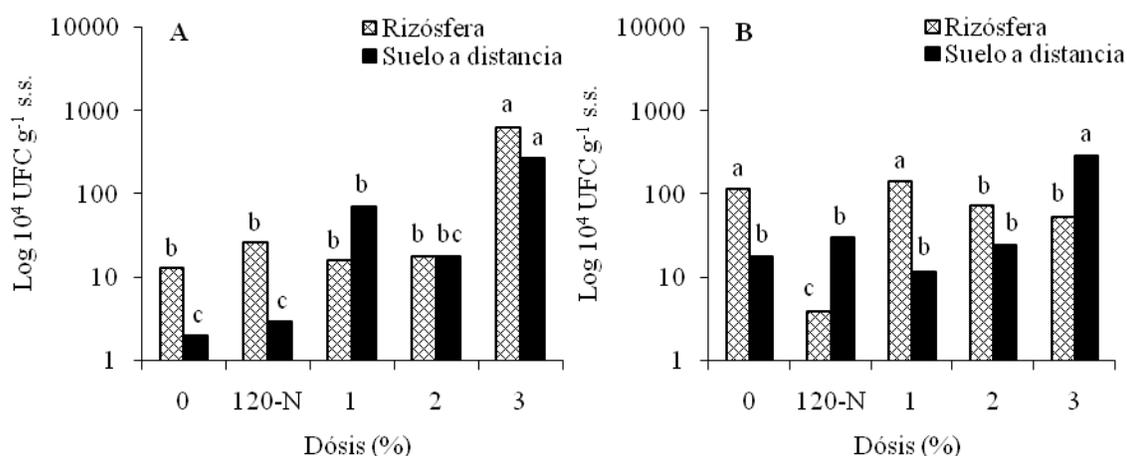


Figura 17. Efecto de dosis de fertilizantes en la densidad de BSP en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). A): Invernadero; B): Vivero.

### **6.3.2.7. Bacterias solubilizadoras de potasio (BSK) en suelo a distancia**

En invernadero, la densidad más alta de BSK en suelo a distancia de Citrange troyer se registró por el efecto del testigo fertilizado a dosis 120 N con un valor de  $194 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. y la densidad más baja fue obtenida por la dosis 0 % (testigo absoluto) con  $11 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 18A) (Apéndice, Cuadro 46). El testigo fertilizado incrementó 17.6 veces más la densidad de BSK respecto a la densidad obtenida por la dosis 0 %.

En condiciones de vivero, el mismo la misma dosis 120 N tuvo mayor densidad de BSK con  $23 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s., mientras que la dosis 2 % indujo menor densidad de estas bacterias con  $9 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. (Figura 18B) (Apéndice, Cuadro 104). La fertilización 120 N a base de urea permitió incrementar 2.1 veces más la densidad de BSK respecto a la densidad obtenida por la dosis 0 %.

### **6.3.2.8. Bacterias solubilizadoras de potasio (BSK) en rizósfera**

En invernadero, cuando se incorporó al suelo fertilizantes orgánicos a dosis del 3 %, permitió obtener mayor densidad de BSK en rizósfera de Citrange troyer con  $173 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s. y la dosis 0 % (testigo absoluto) obtuvo la menor densidad de estas bacterias con  $19 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 18A) (Apéndice, Cuadro 50). La dosis 3 % permitió incrementar 9.1 veces más la densidad de BSK respecto a la dosis 0 % y 4.7 veces más la densidad que el testigo fertilizado a dosis 120 N.

En condiciones de vivero, la mayor densidad de BSK fue obtenida por el efecto de la dosis 0 % con un valor de  $38 \times 10^5$  UFC  $g^{-1}$  r.s., mientras que la dosis 120 N indujo la densidad más baja de estas bacterias con  $5 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  r.s. (Figura 18B) (Apéndice, Cuadro 108).

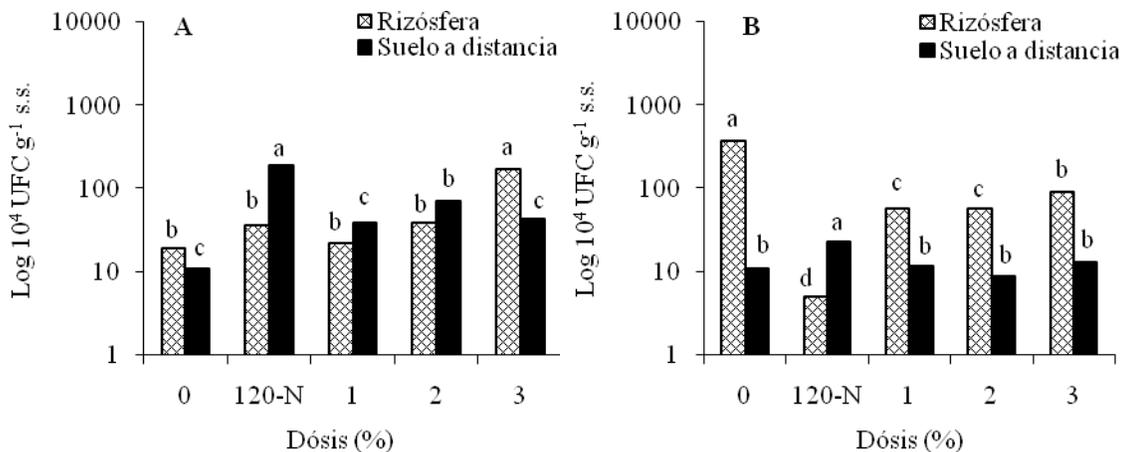


Figura 18. Efecto de dosis de fertilizantes en la densidad de BSK en suelo a distancia y rizósfera de Citrange troyer. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). A): Invernadero y B): Vivero.

### 6.3.3. Hongos micorrízicos arbúsculares (HMA) en raíz de Citrange troyer

Las medias del porcentaje de colonización por HMA (hifas, arbúsculos y vesículas) en raíz de Citrange troyer plantado en condiciones de invernadero y vivero, muestran diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) por efecto de dosis de fertilizantes orgánicos y los dos testigos evaluados (Cuadro 22) (Apéndice, Cuadros 51, 52, 53, 109, 110, 111).

La colonización por HMA en raíz de Citrange troyer fue diferente en cada uno de las dosis estudiadas tanto en invernadero como en vivero. En tres dosis fue mayor el porcentaje de colonización por hifas en condiciones de invernadero respecto a la colonización encontrada en vivero. La colonización por arbúsculos y vesículas fue mejor en invernadero en todas las dosis en comparación con la colonización obtenida en vivero.

En condiciones de invernadero, la dosis 1 % indujo mayor porcentaje de colonización por hifas con 83.3 % y la dosis 3 % obtuvo menor colonización con 71.2 %. La dosis 1% permitió incrementar 1.1 veces más la colonización por hifas respecto a la colonización encontrada en la dosis 0 % (testigo absoluto) y en la dosis 120 N (testigo fertilizado con urea).

Los resultados en vivero, indican que el efecto de la dosis 1% tuvo mayor porcentaje de colonización por hifas con 76.9 % y la urea obtuvo el menor porcentaje de colonización con 67.8%. La dosis 1% de fertilizantes orgánicos en vivero logró incrementar 1.03 veces más la infección por hifas respecto a la dosis 0 % y 1.1 veces más que la dosis 120 N.

El mayor porcentaje de infección por arbusculos en invernadero, fue obtenida por el testigo fertilizado a dosis 120 N con 68.3 %, mientras que la dosis 3% presentó el porcentaje de colonización más bajo con 50.3%. La dosis 120 N incrementó 1.3 veces más la colonización por arbusculos respecto a la colonización encontrada en la dosis 0 %.

En vivero, la dosis 120 N a base de urea indujo mayor porcentaje de colonización en arbusculos con 52.2% y la dosis 1 % y 2 % obtuvieron menor colonización con 42.8%. La dosis 120 N permitió incrementar 1.04 veces el porcentaje de infección por arbusculos respecto al porcentaje encontrado por la dosis 0 %.

Las vesículas en invernadero, mostraron el mayor porcentaje de colonización cuando se incorporó al suelo fertilizantes orgánicos a dosis 1 % con 57.7% y la dosis 3% indujo menor porcentaje de colonización en raíz de Citrange troyer con 45.6%. La dosis 1% permitió incrementar 1.2 veces más la colonización por vesículas respecto a la colonización encontrada en la dosis 0 % y 1.1 veces más que el testigo fertilizado a 120 N.

En condiciones de vivero, la dosis 120 N a base de urea (testigo fertilizado) presentó mayor porcentaje de colonización por vesículas con 24.5% y la dosis 3 % obtuvo menor porcentaje de colonización con 8.3 %. La dosis 120 N obtuvo 1.2 veces más colonización por vesículas respecto a la colonización encontrada en la dosis 0 %.

Diversos factores pudieron influenciar en los porcentajes de colonización micorrízica obtenida de las raíces del portainjerto Citrange troyer, Hayman (1980) y Trappe (1984) mencionan la fertilidad del suelo, la humedad, la materia orgánica, nivel de oxígeno en el suelo, tipo de suelo, pH, temperatura y la intensidad luminosa, además, presencia de patógenos en toda la planta y la mesofauna existente (Fuentes-Dávila *et al.*, 2007).

Cuadro 22. Efecto dosis de fertilizantes en la colonización por HMA en raíz de Citrange troyer. Invernadero y vivero.

Dosis	Hifas (%)		Arbúsculos (%)		Vesículas (%)	
	Invernadero	Vivero	Invernadero	Vivero	Invernadero	Vivero
0	73.3c <sup>§</sup> B <sup>¶</sup>	74.5Ba	51.7dA	50bB	47.8dA	21.1cB
120 N	75bA	67.8eB	68.3aA	52.2aB	52.2cA	24.5aB
1	83.3aA	76.9aB	68.2bA	42.8dB	57.7aA	24.4bB
2	72.9dA	68.6dB	61.5cA	42.8dB	55.2bA	16.6dB
3	71.2eB	71.7cA	50.3eA	47.8cB	45.6eA	8.3eB

<sup>§</sup>Cifras con letras minúsculas diferentes dentro de la misma columna tienen diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ , a>b). <sup>¶</sup>Cifras con letras mayúsculas diferentes dentro de hileras tienen diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ , a>b).

### 6.3.4. Comportamiento de Citrange troyer plantado en invernadero y vivero

#### 6.3.4.1. Altura y diámetro basal

Los resultados en altura y diámetro basal de Citrange troyer evaluados a los 11 meses, tuvieron diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) por el efecto de dosis de fertilizante aplicados en invernadero y vivero (Figura 19) (Apéndice, Cuadros 54, 55, 112, 113).

En invernadero, la mayor altura fue obtenida cuando se aplicó fertilizante orgánico a dosis del 1% con un valor de 81.1 cm y el testigo fertilizado con urea a dosis 120 N indujo el valor más bajo con 47 cm. La dosis 1 % permitió incrementar 1.3 veces más la altura respecto a la dosis 0 % (testigo absoluto) y 1.7 veces más que la dosis 120 N (Figura 19A).

En vivero, la dosis 2% de fertilizante orgánico permitió mayor altura en Citrange troyer con 90.4 cm, este valor fue 1.3 veces mayor respecto a la altura obtenida con la dosis 0% (testigo absoluto) que reflejo el valor más bajo con 71.3 cm.

La mejor respuesta de grosor del diámetro basal de tallo en Citrange troyer cultivado en invernadero, fue obtenida cuando se fertilizó el suelo a dosis del 1 % con 8.7 mm, la urea obtuvo menor diámetro con 5.6 mm. La incorporación de fertilizantes orgánicos a dosis del 1 % permitió incrementar 1.4 veces más el diámetro de tallo respecto al diámetro encontrado en la dosis 0 % y 1.6 veces más el diámetro que el testigo fertilizado a dosis 120 N.

En vivero, el testigo fertilizado a dosis 120 N presentó mayor diámetro basal de tallo en Citrange troyer con 12.9 mm, el cual permitió incrementar 1.7 veces más el diámetro de tallo respecto al diámetro de tallo encontrado en la dosis 0 % que obtuvo el menor diámetro basal con 7.4 mm (Figura 19B).

### 6.3.4.2. Materia seca total

La producción de materia seca total en Citrange troyer, a los 11 meses después del trasplante establecidos en invernadero y vivero, mostraron diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) por efecto de dosis de fertilizantes aplicados (Figura 20) (Apéndice, Cuadros 56, 57, 58, 114, 115, 116).

La mayor producción de materia seca total a los 11 meses en invernadero fue obtenida por la dosis 1 % con 20.2 g y el testigo fertilizado con urea a dosis de 120 N indujo menor acumulación de materia seca total con 8.2 g. El uso de fertilizantes orgánicos a dosis del 1 %, permitió incrementar 1.5 veces más la materia seca total respecto a la dosis 0% (testigo absoluto) y 2.5 veces más la acumulación de materia seca total que la dosis 120 N.

En vivero, la dosis 120 a base de urea indujo mayor producción de materia seca total con valor de 32.8 g y representa 2.9 veces más la producción de materia seca total respecto al testigo absoluto (dosis 0 %) que presentó el valor más bajo con 11.2 g.

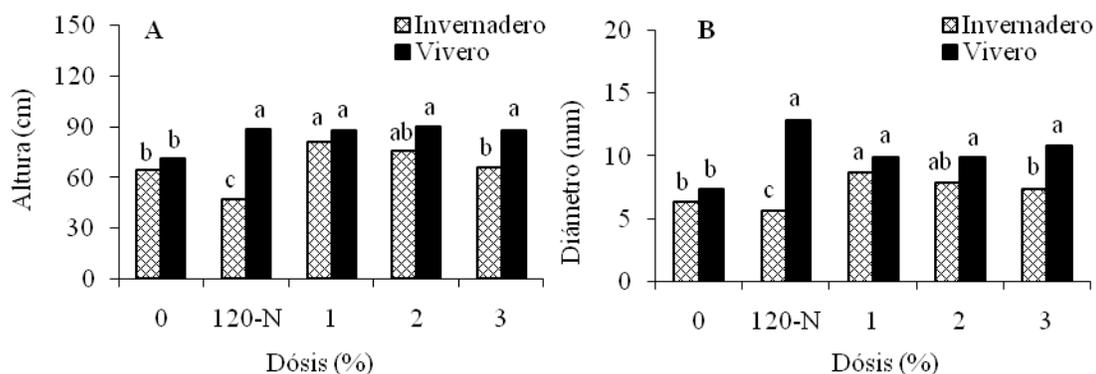


Figura 19. A). Altura y B) diámetro basal de Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante según la dosis del fertilizante. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ).

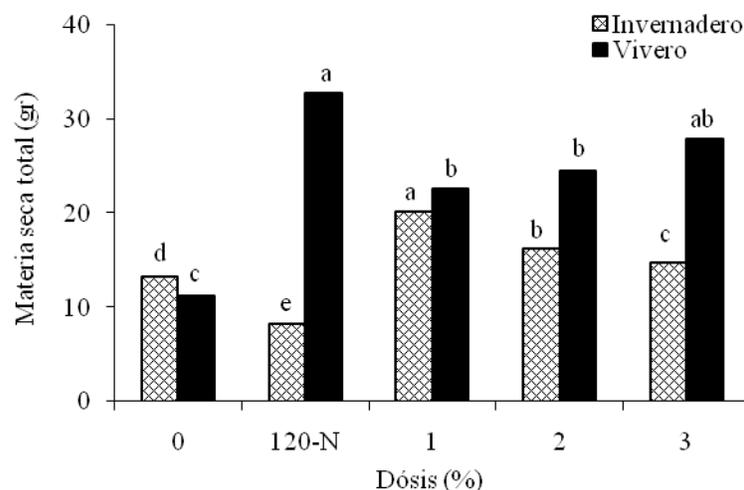


Figura 20. Materia seca total en Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante según la dosis del fertilizante. Columnas del mismo color y con letras diferentes tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ).

#### 6.3.4.3. Relación materia seca foliar y radical

La mejor producción de materia seca foliar en Citrange troyer cultivado en invernadero fue presentada por la dosis 1% con 10.7 g; en vivero fue mejor el testigo fertilizado con urea a dosis de 120 N al obtener una producción de 24.1 g. La mayor materia seca radical en invernadero fue obtenida con la aplicación de fertilizantes orgánicos a dosis del 1 % con 9.5 g y la dosis 3 % fue mejor en vivero con 10.1 g (Cuadro 23).

La relación materia seca foliar: materia seca radical (MSF/MSR) encontrada por efecto de dosis de fertilizantes fueron diferentes tanto en invernadero como en vivero (Cuadro 24). En invernadero, solo en la urea la materia seca de raíz fue mayor respecto a la materia seca del follaje (MSF/MSR menor a uno). Sin embargo en condiciones de vivero, todas las dosis indujeron una relación MSF/MSR mayor a uno, lo cual significa que el follaje fue mayor que la raíz.

En invernadero la mayor relación MSF/MSR se localizó en suelo fertilizado con la dosis del 2% con 1.17 y la dosis 120 N a base de urea indujo menor relación con 0.77, probablemente esta dosis fue tóxica para la planta ya que indujo menor producción de materia seca foliar y radical. En vivero, la mayor relación MSF/MSR se localizó en el suelo testigo fertilizado a 120 N con 2.77 y la dosis 2 % obtuvo menor MSF/MSR con 1.75.

Cuadro 23. Materia seca foliar y radical en Citrange troyer por efecto de dosis de fertilizantes tanto en invernadero como en vivero.

Dosis	Foliar (g)		Radical (g)		
	%	Invernadero	Vivero	Invernadero	Vivero
0		6.6c <sup>§</sup>	7.3c	6.6d	3.8b
120 N		3.4d	24.1a	4.4e	8.7ab
1		10.7a	15.5b	9.5a	7.1ab
2		8.8b	15.6b	7.5b	8.9ab
3		7.5c	17.8b	7.3c	10.1 <sup>a</sup>

<sup>§</sup>Cifras con letras diferentes dentro de la misma columna tienen diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ).

El efecto de la relación MSF/MSR fue mayor en Citrange troyer cultivado en condiciones de vivero en comparación a los encontrados en invernadero. El mayor efecto en aumento de la relación MSF/MSR en planta fue localizado en vivero cuando se aplicó fertilizante a dosis del 1% con un valor de 48.41 %. La dosis 2% tuvo menor aumento de esta relación en planta cultivada en vivero respecto al de invernadero con 33.06 %.

Cuadro 24. Relación de MSF/MSR de Citrange troyer cultivado en invernadero y vivero.

Dosis	Invernadero	Vivero	Aumento <sup>¶</sup>
%	MSF/MSR	MSF/MSR	(%)
0	1	1.92	47.95
120 N	0.77	2.77	72.1
1	1.13	2.18	48.41
2	1.17	1.75	33.06
3	1.03	1.76	41.7

<sup>¶</sup>El aumento en vivero se obtuvo dentro de cada hilera en relación con lo obtenido en invernadero transformado en porcentaje.

#### 6.4. Efecto según el lugar en donde se desarrollo Citrange troyer

Las medias de los contenidos de nutrientes en suelo ( $C_{org}$ ,  $N_{total}$ , relación C/N y  $P_{disponible}$ ), presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) por efectos del lugar en donde se realizó el transplante durante 11 meses del portainjerto Citrange troyer (Figura 21).

Estadísticamente, los mejores resultados de  $C_{org}$  y  $N_{total}$  en suelo, fueron obtenidos en condiciones de invernadero con 6.3 % y 0.18 %, respectivamente; pero la mayor relación C/N y el mayor contenido de  $P_{disponible}$  fueron encontrados en suelo bajo condiciones de vivero. En invernadero se observó incrementos de 1.3 veces más el contenido de  $C_{org}$  y 2.5 veces más el  $N_{total}$  respecto a los obtenidos en vivero. Así mismo, en condiciones de vivero presentó incrementos de 1.4 veces más en la relación C/N y 1.1 veces más en contenido de  $P_{disponible}$  respecto a los obtenidos en invernadero.

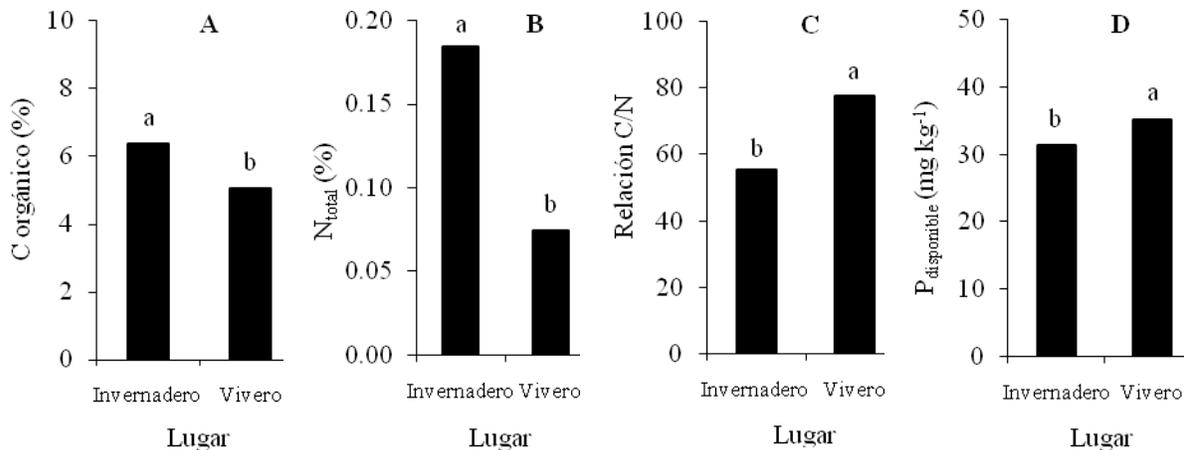


Figura 21. Efecto del lugar en las características del suelo cultivado con Citrange troyer, a los 11 meses después del transplante. Columnas con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). A): C orgánico, B): N total, C): Relación Carbono-Nitrógeno y D): P disponible.

Las medias de las densidades de Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal *Azospirillum*, *Azotobacter*, solubilizadoras de fosfatos y solubilizadoras de potasio presentaron diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) según el lugar en donde se estableció el cultivo del portainjerto Citrange troyer durante 11 meses (Figura 22).

Las condiciones de invernadero, a la que se sometió Citrange troyer permitieron obtener mayor densidad de bacterias en suelo a distancia en tres de los cuatro géneros estudiados (Figura 22A); las densidades de bacterias en rizósfera, fueron mejores en vivero en tres de los cuatros géneros de bacterias evaluados respecto a las obtenidas en invernadero (Figura 22B).

Las mejores densidades bacterianas encontradas en suelo a distancia en condiciones de invernadero fueron  $170 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. en *Azospirillum*,  $104 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. en BSP y  $59 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. en BSK. Estos valores tuvieron incrementos de 1.4 (*Azospirillum*), 1.1 (BSP) y 4.5 (BSK) veces mayor la densidad respecto a la densidad encontrada en vivero. Solo la densidad de *Azotobacter* fue mejor en vivero con  $7 \times 10^3$  UFC  $g^{-1}$  s.s. siendo 7 veces mayor que en invernadero.

En rizósfera de Citrange troyer, la mejores densidades bacterianas fueron obtenidas en vivero con  $148 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. en *Azospirillum*,  $87 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. en BSK y  $23 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. en *Azotobacter*. Estos valores presentaron incrementos de 5.7 (*Azospirillum*), 1.2 (BSK) y 23 (*Azotobacter*) veces más la densidad en vivero que en invernadero. Solo la densidad de BSP fue mejor en invernadero con  $196 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  s.s. siendo 2.3 veces mayor la densidad que lo obtenidos en vivero.

Las medias obtenidas en la colonización por HMH (hifas, arbusculos y vesículas) presentaron diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) por efectos del lugar en donde se estableció el cultivo del portainjerto Citrange troyer durante 11 meses (Figura 23).

Las mayores colonizaciones micorrízicas en raíz de Citrange troyer fueron obtenidas en las plantas cultivado en invernadero, el porcentaje de colonización encontrado por hifas fue de 76 %, arbusculos 60 % y vesículas 52 %. Los resultados obtenidos fueron 1.1 (hifas), 1.3 (arbusculos) y 3 (vesículas) veces mayor la colonización en invernadero respecto a vivero.

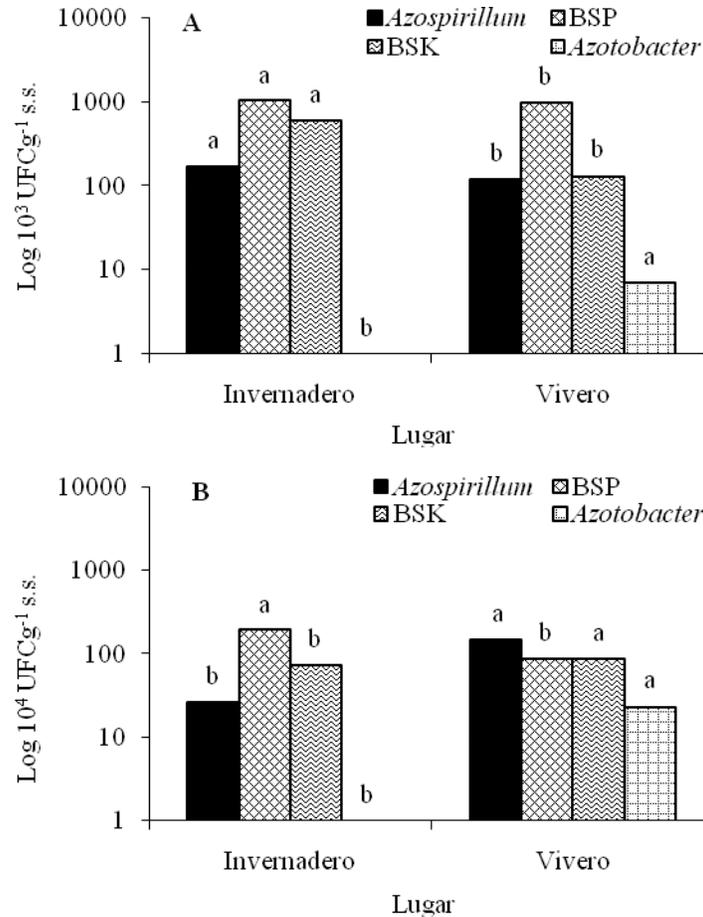


Figura 22. Efecto del lugar en las densidades de Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal en A) suelo a distancia y B) rizósfera de Citrange troyer, a los 11 meses después del transplante. Columnas del mismo color y con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ).

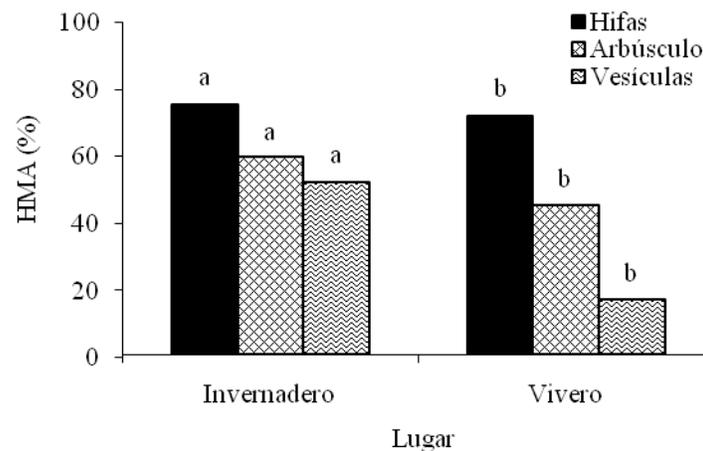


Figura 23. Efecto del lugar en la colonización por HMA en raíz de Citrange troyer, a los 11 meses después de su transplante. Columnas del mismo color y con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ).

El crecimiento y la producción de materia seca en planta presentaron diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) por efecto del lugar en donde se cultivó el portainjerto Citrange troyer durante 11 meses (Figura 24).

La mayor altura, el mejor diámetro basal de tallo y la mayor acumulación de materia seca total en planta fueron encontrados en condiciones de vivero comparados con los resultados obtenidos en invernadero. Las medias encontradas en altura de planta en vivero fue de 87.6 cm, el diámetro de 10.2 mm y 24.6 g de acumulación de materia seca total. Estos valores fueron 1.2 (altura), 1.3 (diámetro) y 1.5 (materia seca total) veces más que en invernadero.

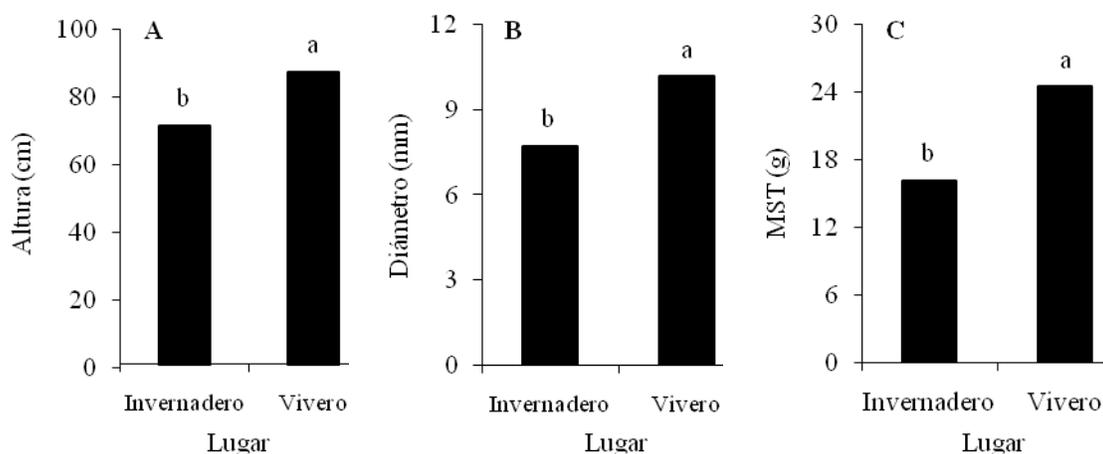


Figura 24. Efecto del lugar en planta de Citrange troyer, a los 11 meses después de su transplante. Columnas con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ,  $a > b$ ). A): Altura, B): Diámetro basal de tallo y C): Materia seca total.

### 6.5. Interacciones tipo y dosis de fertilizantes en Citrange troyer.

El sistema de producción de Citrange troyer en condiciones de invernadero y vivero, sometida a diferentes tipos y dosis de fertilizantes orgánicos e inorgánico al suelo, presentaron efectos significativos de los factores e interacciones de factores (tipo y dosis) en todos los parámetros evaluados a los 11 meses después del trasplante (Cuadro 25).

Cuadro 25. Anova de dos factores (tipo y dosis de fertilizantes) para todos los parámetros estudiados en suelo y Citrange troyer a los 11 meses después de plantado.

Variables	Fertilizantes (A)		Dosis (B)		A*B	
	Invernadero	Vivero	Invernadero	Vivero	Invernadero	Vivero
Materia seca aérea	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Materia seca radical	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Materia seca total	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Altura	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Diámetro	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
pH	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
M orgánica	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
C orgánico	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
P <sub>disponible</sub>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
N <sub>total</sub>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
C/N	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
<i>Azospirillum</i>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
<i>Azotobacter</i>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
B. solubilizadoras P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
B. solubilizadoras K	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Hifas (%)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Arbúsculos (%)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Vesículas (%)	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

La mayoría de las variables tuvieron correlaciones positivas en invernadero, desde significativas (0.05), hasta altamente significativas (0.01), en vivero las variables medidas tuvieron menor correlación respecto a las obtenidas en invernadero (Cuadro 26 y 27).

### 6.5.1. Correlaciones de variables en invernadero

El crecimiento de Citrange troyer en invernadero se correlacionó significativamente con la materia seca radical, foliar y total, con las bacterias *Azospirillum*, BSP, BSK, con el contenido de  $N_{total}$  en suelo, y con la colonización micorrízica (hifas, arbusculos y vesículas). Es un indicador de que la altura esta estrechamente relacionada con las respuestas de estas variables, excepto las bacterias del género *Azotobacter* y el contenido de P disponible (Cuadro 26).

La materia seca radical y foliar obtenida en Citrange troyer presentó una correlación altamente significativa (0.01) con el diámetro basal de tallo, con las bacterias *Azospirillum* (solo foliar), solubilizadoras de P y K, con el contenido de  $N_{total}$  y con la colonización micorrízica (hifas, arbusculos y vesículas) encontrada en las raíces de la planta.

El diámetro basal del tallo presentó una correlación altamente significativamente con las BSP, BSK, el contenido de  $N_{total}$  en suelo, y la colonización micorrízica en raíz de la planta (hifas, arbusculos y vesículas). Es un indicador de que la materia seca total esta estrechamente relacionada con las respuestas de estas variables, excepto las bacterias del género *Azospirillum*, *Azotobacter* y el contenido de P disponible.

Las bacterias *Azospirillum* presentaron una correlación altamente significativamente con la colonización micorrízica (hifas, arbusculos y vesículas). Es un indicador de que los hongos micorrízicos tienen influencia en la densidad de estas bacterias. Las BSP tuvieron correlación altamente significativamente con la colonización micorrízica por hifas y el contenido de P disponible. Indica que BSP dependen de las respuestas de dichas variables.

*Azotobacter* presenta correlación significativa con el contenido de P disponible. Indica que estas bacterias responden a la cantidad de P disponible que exista en el suelo. El contenido de  $N_{total}$  presentó correlación altamente significativa con los hongos micorrízicos en raíz de Citrange troyer (hifas, arbusculos y vesículas), pero no existe alguna relación con el P disponible del suelo.

Cuadro 26. Correlaciones de variables en invernadero.

	Msr	Msf	Dt	Azosp	BSP	BSK	Azot	N	P	H	Ar	V
A	0.789**	0.898**	0.846**	0.411**	0.374*	0.374**	0.214	0.429**	0.031	0.655**	0.616**	0.618**
Msr		0.858**	0.9**	0.209	0.477**	-0.525**	0.094	-0.415**	0.040	0.582**	0.529**	0.521**
Msf			0.94**	0.392*	0.385*	-0.530**	0.248	-0.453**	0.04	0.563**	0.530**	0.524**
Dt				0.264	0.422**	-0.587**	0.287	-0.455**	0.098	0.563**	0.530**	0.524**
Azosp					0.070	-0.212	-0.262	-0.219	0.152	0.405**	0.348*	0.347*
BSP						-0.273	-0.089	-0.091	0.486**	0.38**	0.194	0.265
BSK							-0.211	-0.154	-0.136	0.098	0.17	0.072
Azot								0.231	-0.352*	-0.170	-0.192	-0.265
N									-0.161	-0.372*	-0.423**	-0.341*
P										-0.049	-0.201	-0.120
H											0.885**	0.871**
Ar												0.943**

\* Correlación significativa (0.05) \*\* Correlación altamente significativa (0.01)

A: Altura; Msr: Materia seca radical; Msf: Materia seca foliar; Dt: Diámetro total; Azosp: *Azospirillum*; BSP: Bacterias solubilizadoras de fosfatos; BSK: Bacterias solubilizadoras de potasio; Azot: *Azotobacter*; N: Nitrógeno total; P: Fósforo disponible; H: Hifas; Ar: Arbusculos y V: Vesículas.

### 6.5.2. Correlaciones de variables en vivero

La altura en Citrange troyer cultivado en vivero se correlacionó altamente y significativamente con la materia seca radical, foliar y total, con *Azospirillum* y el P disponible en suelo. Lo cual indica que el crecimiento de esta planta esta estrechamente relacionada con las respuestas de estas variables, excepto con las demás bacterias, el N<sub>total</sub> y la colonización por hongos micorrízicos que no presentaron correlación (Cuadro 27).

El diámetro basal del tallo presentó una correlación altamente significativa con las BSP, BSK, el contenido de N<sub>total</sub> en suelo y la colonización micorrízica en raíz de la planta (hifas, arbusculos y vesículas). Es un indicador de que el diámetro de tallo esta estrechamente relacionada con las respuestas de estas variables, excepto las bacterias del género *Azospirillum*, *Azotobacter* y el contenido de P disponible.

Las bacterias *Azospirillum* presentaron una correlación altamente significativa con la colonización micorrízica (hifas, arbusculos y vesículas). Las BSP tuvieron correlación altamente significativa con la colonización micorrízica por hifas y el contenido de P disponible. Indica que BSP dependen de las respuestas de dichas variables. *Azotobacter* presenta correlación significativa solo con el contenido de P disponible.

El contenido de  $N_{total}$  presentó una correlación altamente significativa con los hongos micorrízicos encontrados en raíz de Citrange troyer (hifas, arbusculos y vesículas), pero no existe alguna relación con el P disponible en suelo.

Cuadro 27. Correlaciones de variables en vivero.

	Msr	Msf	Dt	<i>Azosp</i>	BSP	BSK	<i>Azot</i>	N	P	H	Ar	V
A	0.47**	0.613**	0.537**	-0.363*	0.095	0.002	0.223	-0.07	0.4**	-0.174	-0.278	-0.104
Msr		0.522**	0.672**	-0.085	0.019	-0.132	0.103	0.140	0.224	-0.177	-0.279	-0.291
Msf			0.811**	-0.076	0.027	0.265	0.179	0.073	0.077	-0.276	-0.184	-0.168
Dt				-0.012	-0.081	0.047	-0.009	0.098	0.036	-0.304	-0.182	-0.251
<i>Azosp</i>					-0.067	-0.024	0.059	-0.013	-0.1	0.024	0.027	-0.015
BSP						0.446**	0.746**	0.021	-0.306*	0.058	0.031	-0.173
BSK							0.392*	0.271	-0.299	-0.201	-0.230	-0.107
<i>Azot</i>								0.154	-0.319*	-0.116	-0.105	-0.223
N									0.005	-0.336*	-0.181	-0.292
P										-0.250	-0.457**	-0.142
H											0.672**	0.713**
Ar												0.667**

\* Correlación significativa (0.05) \*\* Correlación altamente significativa (0.01)

A: Altura; Msr: Materia seca radical; Msf: Materia seca foliar; Dt: Diámetro total; *Azosp*: *Azospirillum*; BSP: Bacterias solubilizadoras de fosfatos; BSK: Bacterias solubilizadoras de potasio; *Azot*: *Azotobacter*; N: Nitrógeno total; P: Fósforo disponible; H: Hifas; Ar: Arbusculos y V: Vesículas.

## VII. CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo y la hipótesis general planteado al inicio de esta investigación, se concluye que el lugar en donde se estableció el portainjerto Citrange troyer y los diferentes tipos y dosis de fertilizantes orgánicos a la que se sometieron las plantas influyeron significativamente de una manera diferente pero positiva en la mejora de las propiedades químicas y microbiológicas del suelo, así como en el crecimiento y acumulación de materia seca por parte de Citrange troyer, por lo tanto se acepta la hipótesis general propuesta en esta investigación.

1. El contenido de Carbono orgánico en suelo, tanto en invernadero como en vivero se mejoran al aplicar gallinaza a dosis del 2 % y 1 %. Pero N total y P disponible mejoran tanto en invernadero como en vivero, pero no por el efecto del mismo tipo y dosis de fertilizante orgánico.
2. Las bacterias del grupo *Azospirillum* en rizósfera de Citrange troyer plantado en invernadero como en vivero se incrementan en mayor densidad por efecto de la Cachaza-1 al 3 %. Pero en las BSP y BSK la mayor densidad en invernadero es debido a la adición al suelo de Cachaza-2 al 3 %, y en vivero este efecto lo ocasiona la gallinaza al 1 %.
3. Los hongos micorrízicos en plantas cultivadas en invernadero presentan un incremento mayor al adicionar al suelo gallinaza al 2 %, pero en vivero cachaza-1 al 2 % favorece el incremento de la colonización.
4. La altura de la planta, diámetro basal y materia seca total de Citrange troyer en invernadero y vivero presentan respuestas diferentes por el efecto de tratamiento aplicado en invernadero, en donde la cachaza-1 a dosis del 2 % y cachaza-2 al 3 % inducen incremento mayor en estas variables, sin embargo en vivero este efecto es ocasionado por la gallinaza en dosis del 3 %.

5. Las condiciones de invernadero favoreció un mayor contenido de C orgánico y N total en suelo, mayor densidad de BSP en rizósfera y hongos micorrízicos arbúsculares, pero el P disponible, densidad de *Azospirillum*, *Azotobacter* y BSK, altura, diámetro y materia seca total se observan limitadas en estas condiciones, pero son favorecidas en vivero.
  
6. Para un programa adecuado de fertilización orgánica en el cultivo de portainjerto Citrange troyer debe conocerse el diámetro basal, altura, materia seca vegetal y los contenidos de C orgánico, N total y P disponible en suelo según la dosis aplicada de cada tipo de fertilizante en cada condición en donde se desarrolle el sistema de producción. Esto permite precisar cual fertilizante orgánico y que dosis aplicar según el lugar en donde se establezca. Los datos aquí presentados pueden servir de referencia para tales propósitos.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Agustí, M. 2003. Citricultura. Segunda Edición. Revisada y ampliada. Ediciones Mundi-Prensa. Ed. Aedos, S. A. Madrid-Barcelona-México. 422 p.
- Alarcón, A. 1997. Tesis: Capacidad fotosintética del portainjerto *Citrus volkameriana* inoculado con micorriza arbúscular. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Naturales-Especialidad de Edafología. Montecillo, México. 116 p.
- Alarcón, A., Ferrera-Cerrato R. 1999. Manejo de la micorriza arbúscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. TERRA Latinoamericana Vol. 17. No. 03. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 179-191 p.
- Alarcón, R., Ferrera-Cerrato, R., González-Chávez, M. C., Villegas-Monter, A. 2001. Hongos micorrízicos arbúsculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas de fresa CV. Fern Obtenidas por cultivo invitro. TERRA 18(3): 211-218.
- Alexander, M. 1980. Introducción a la Microbiología del Suelo. Juan José Peña Cabriales. Segunda edición. Libros y editoriales, S. A. México. D. F. 491 p.
- Aristizábal, C., Rivera, E.L., Janos, D.P. 2004. Arbúscular mycorrhizal fungi colonize decomposing leaves of *Myrica parvifolia*, *M. pubescens* and *Paepalanthus* sp. Mycorrhiza. 14: 221-228.
- Armadans R. A. 2000. Comportamiento de seis especies de portainjertos de cítricos en viveros bajo cobertura plástica. Revista de Ciencia y Tecnología Dirección de Investigaciones-UNA. 1(2): 9-14.
- Arreola-Enríquez, J., Palma-López, D. J., Salgado-García, S., Camacho-Chiu, W., Obrador-Olán, J. J., Juárez-López, J. F., Pastrana-Aponte, L. 2004. Evaluación de abono órgano-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. TERRA Latinoamericana 22(3): 351-357.
- Atul-Nayyar A., Hamel, C., Hanson, K., Germida, J. 2008. The arbúscular mycorrhizal symbiosis links N mineralization to plant demand. Springer-Verlag. Mycorrhiza 19:239–246.
- Atlas R. M., Bartha, R. 2002. Ecología Microbiana y Microbiología Ambiental. 4ta. Edición. Pearson Educación, S.A. Madrid, E. ISBN 84-7829-039-7. 677 p.
- Banger, K., Toor, G. S., Biswas, A., Sidhu, S. S., Sudhir, K. 2010. Soil organic carbon fractions after 16-years of applications of fertilizers and organic manure in a Typic Rhodalfs in semi-arid tropics. Nutr Cycl Agroecosyst 86: 391-399.
- Barraclough, P. B. 1989. Root growth, macronutrient uptake dynamics and soil fertility requirements of a high-yielding winter oilseed rape crop. Plant and Soil 119: 59-70.

- Basak B. B., Biswas D. R. 2010. Co-inoculation of potassium solubilizing and nitrogen fixing bacteria on solubilization of waste mica and their effect on growth promotion and nutrient acquisition by a forage crop. *Biol Fertil Soils*. 46: 641-648.
- Bashan Y., Olgún G. y Ferrera-Cerrato R. 1996. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. I. *Azospirillum*. *Terra*. 14: 159-194
- Becker, M., Asch, F., Chiem, N. H., Ni, D. V., Saleh, E., Tanh, K. V., Tinh, T. K. 2008. Decomposition of Organic Substrates and their Effect on Mungbean Growth in Two Soils of the Mekong Delta. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*. 109(1): 95–108.
- Bolletta, A., Venanzi, S., Krüger, H. 2002. Respuesta del cultivo del trigo a la inoculación con biofertilizantes al Sur de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 6 p.
- Bolton, H. Jr. Fredrickson J., Elliot LL. F. 1993. Microbial ecology of the rhizosphere. In: Metting, B. F. (Ed). *Soil Microbial Ecology. Applications in Agricultural and Environmental Management*. Marcel Dekker, Inc. New York. 27-63 pp.
- Bonfante, P., Selosse, M. A. 2010. A glimpse into the past of land plants and of their mycorrhizal affairs: from fossils to evo-devo. *Journal compilation. New Phytologist* 186: 267-270 pp.
- Black, C. A. 1975. *Relaciones Suelo-Planta*. Tomo II. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 677 p.
- Blum A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation* 20: 135-148.
- Bray, R. H., Kurtz, L. T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci*. 59: 39-45.
- Bremmer, J. M. 1965. Total nitrogen. In: C. A. Black (ed.). *Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9*. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA. 1149-1178 pp.
- Bryson, D. D., Boeckman, O. C. 1989. Water well methemoglobinemia and water with less than 22.6 mg NO<sub>3</sub>- N/L. Dallas Texas, USA. In: *Preprints 197th American Chemical Society National Meeting*. 29(1): 18-19.
- Cabrera, M. L., D. E. Kissel, M. F. Vigil. 2005. Nitrogen mineralization from organic residues: Research opportunities. *J. Environ. Qual*. 34: 75-79.
- Campbell R., Greaves M. P. 1990. *Anatomy and community structure of the rhizosphere*. John Wiley and Sons. New York, USA. 11-34 pp.

- Castellanos, J. Z., Márquez, O. J. J. Etchevers, J. D., Aguilar Santelises A., Salinas, J. R. 1996. Long-term effect of dairy manure on forage yields and soil properties in an arid irrigated region of northern Mexico. *Terra* 14: 151-158.
- Contreras, G. J. 2007. El viverismo en Veracruz. Primera Semana Internacional de la Citricultura. Veracruz, Mexico.
- Corbera, J., Morales, C., Paneque, V. M., Calaña, J. M. 2008. Evaluación de sustratos y aplicación de hongos micorrízicos arbúsculares (HMA) en el cultivo de *Anthurium andreanum* en etapa de vivero. *Cultivos tropicales*. 29(4): 27-33.
- Córdova-Bautista, Y., Rivera-Cruz, M. C., Ferrera-Cerrato, R., Obrador-Olán, J.J. y Córdova-Avalos, V. 2009. Detección de bacterias benéficas en suelo con Banano (*Musa AAA Simmonds*) cultivar “Gran enano” y su potencial para integrar un biofertilizante. *Universidad y Ciencia*. 25(3): 253-265.
- Covarrubias, G. I. 2004. Competitividad del Sistema Agroindustrial Limón Mexicano (*Citrus aurantifolia*, Swingle) y Perspectivas Económicas para los Pequeños Productores. Tesis: Doctor en Problemas-Económico Agroindustriales. Universidad Autónoma Chapingo. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Chapingo, Edo. México. 184 p.
- Coyne, M. 2000. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. Editorial paraninfo. España. 416 pp.
- Curl E.A., and Truelove B. 1986. The rhizosphere. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany. 288 p.
- Curti-Díaz, S. A., X. Loredó-Salazar, U. Díaz-Zorrilla, J. A. Sandoval R. y J. Hernández H. 2000. Tecnología para producir limón persa. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Ixtacuaco. Libro técnico Núm. 8. Veracruz, México. 144 p.
- Chamorro, A. M., Tamagno, N. 2004. Producción de materia seca aérea y radical de colza primaveral (*Brassica napus* L. ssp *oleífera* forma *annua*). *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. 105(2): 53-62.
- Deb B., Bora N. 1996. Effect of chemical fertilizer on the rhizosphere mycoflora and nodulation of pea plant. *Environment and ecology* 14: 747-751.
- Dehne, H. W. 1982. Interactions between vesicular arbúscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. *Phytopathol*. 72: 1115-1119.
- Delgado, Y., Cupull, R., Pérez, C., Sánchez, A., Vilchez, M. 2003. Efecto de *Azotobacter* spp. en la estimulación de la germinación y el desarrollo de posturas de *Coffea arabica* L. *Centro agrícola*, 1: 26-31.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Segunda sección. México. 73 p.

- Díaz-Vargas, P., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suarez, J. J., Alcántar-González, G. 2001. Inoculación de Bacterias Promotoras de Crecimiento en Lechuga. *Terra* 19(4): 327-335.
- Doefler, T., Budelman, A., Toulmin, C., Carter, S. E. 2000. Building common knowledge. Participatory learning and action research (Part 1). In Doefler, T., Budelman, A. (eds.). *Managing Soil Fertility in the Tropics. A Resource Guide for Participatory Learning and Action Research*. Tesis M.Sc. Amsterdam, The Netherlands: Royal Tropical Institute. 208 p.
- Elsen, A., S. Declerck., De Waele D. 2001. Effects of *Glomus intraradices* on the reproduction of the burrowing nematode (*Radopholus similis*) in dioxenic culture. *Mycorrhiza* 11: 49-52.
- Espinosa-Victoria, D., Hernández-Flores, L., López-Reyes, L. 2006. Diversidad genética de *Azospirillum brasilense* en suelo cultivados con maíz con labranza convencional y de conservación. *Terra Latinoamericana*. 24(2): 215-223.
- FAO, 2002. Michel R. Captura del Carbono en los Suelos para un mejor Manejo de la Tierra. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. ISBN 92-5-304690-2. Institut National de Recherche Agronomique. París, Francia. 73 p.
- Fassbender, H. W., E. Bornemisza. 1978. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2da. Edición. IICA. San José Costa Rica. 420 p.
- Ferrera-Cerrato R. y Perez-Moreno J. 1995. Agromicrobiología, elemento útil en la agricultura sustentable. Ed. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, edo. de México. 233 p.
- Ferrera-Cerrato, R., González-Chávez, C., Pérez-Moreno, J. 1998. Biotecnología de la Micorriza Arbuscular en Fruticultura. *Área de Microbiología de Suelos, Especialidad de Edafología, Instituto de Recursos Naturales (IRN), Colegio de Postgraduado (CP) Montecillo, Edo. De México*. ISBN 970-92068-0-X. 131 p.
- Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. *Ciencia Ergo Sum*. REDALYC. 8(2): 175-183.
- Fidelibus, M. W., Martin, C. A., Wright, G. C., Stutz, J. C. 2000. Effect of arbuscular mycorrhizal (AM) fungal communities on growth of 'Volkamer' lemon in continually moist or periodically dry soil. *Scientia Horticulturae* 84: 127-140.
- Fornier, J. B. 1979. Los patrones de agrios en España. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Serie Producción Vegetal 24. Madrid, España. 31 p.
- Fuentes-Dávila, G. y Ferrera-Cerrato, R. 2007. Ecología de la raíz. Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C. 2da. Ed. Cd. Obregón, Sonora, México. 153 p.

- Fuentes, Y. J. L. 2002. Manual práctico sobre utilización de suelo y fertilizantes. Ediciones Mundi-Prensa. 159 p.
- Fraire, S. L. 2008. Evaluación de biofertilizantes orgánicos en cacao (*Theobroma cacao* L.) en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México. XX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria de Tabasco. p. 316-320.
- García, O. J. G., Moreno M. V. R., Rodríguez L. I. C., Mendoza H. A. y Mayek P. N. 2007. Biofertilización con *Azospirillum brasilense* en sorgo, en el Norte de México. Agricultura técnica en México. Vol. 32(2): 135-141.
- González, M. A., Rivera, C. M. C., Trujillo, N. A. 2009. Efecto de los biofertilizantes en las poblaciones bacterianas rizosféricas del limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] y de la naranja agria (*Citrus aurantium* L.). Memoria: XXI Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Tabasco, México. 12:23 pp.
- Gosling, P., Hodge A., Goodlass, G., Bending, G. D. 2006. Arbúscular mycorrhizal fungi and organic farming. ELSEVIER. Agriculture, Ecosystems and Environment. 113: 17-35.
- Gupta, R. D., Jha, D. D., Sothi, A., Saharan, G. S. 1977. Presence of *Azotobacter* in relation to physic-chemical properties of some North Indian soils. Proc. Indian Acad. Science. 86: 389-395.
- Gliessman S. R. 2002. AGROECOLOGÍA. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- Graham, J. H., Linderman, R. G., Menge, J. A. 1982. Development of external hyphae by different isolates of mycorrhizal glomus spp. in relation to root colonization and growth of troyer citrange. New Phytologist 91: 183-189.
- Gravina, T. A. 1981. Curso de citricultura. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México. pág. 1-3.
- Hartmann, H. T., F. K. Dale. 1989. Propagación de Plantas. Continental México. 680-686 pp.
- Hayman, D. S. 1980. Mycorrhizae and production of crops. Nature 287: 487-488.
- Hernández, M. I. 2000. Las micorrizas arbúsculares y las bacterias rizosféricas como complemento de la nutrición mineral de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de Maestría Inca. 30 p.
- Honorato P.R. 2000. Manual de Edafología. 4a. ed. Alfaomega. México, D. F. 267 p.
- Huseyin, K., Ahmet, E., Metin, T., Fikretin, S., 2007. Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. ELSEVIER. ScienceDirect. Scientia Horticulturae. 114:16-20 pp.

- Johnson, N. C. 1993. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizas? *Ecological Applications* 3: 749-757.
- Johnson, N. C., Tilman, D., Wedin, D. 1992. Plant and soil controls on micorrhizal fungal communities. *Ecology* 73: 2034-2042 p.
- Jones, D. L., Hinsinger, P. 2008. The rhizosphere: complex by design. School of the Environment & Natural Resources, Bangor University. Editor: Hans Lambers. *Plant Soil*. Springer Science. Business Media B.V. 312: 1-6.
- Joosten, L., Mulder, P. P. J., Klinkhamer, P. G. L., Van Veen J. A. 2009. Soil-borne microorganisms and soil-type affect pyrrolizidine alkaloids in *Jacobaea vulgaris*. *Plant Soil*. 1-11 p.
- Joublan, P. J., Cordero, N. 2002. Comportamiento de algunos cítricos sobre diferentes portainjertos, en su tercera temporada de crecimiento, Quillón VIII Región, Chile. *Agricultura Técnica*. 62(3): 469-479.
- Kahiluoto, H., Ketoja, E., Vestberg, M., Saarela, I., 2001. Promotion of AM utilization through reduced P fertilization 2. Field studies. *Plant Soil* 231(1): 65-79.
- Karlıdag, H., Yildirim, E. Turan, M., Donmez, M. F. 2009. Effect of Plant Growth-Promoting Bacteria on Mineral-Organic Fertilizer Use Efficiency, Plant Growth and Mineral Contents of Strawberry (*Fragaria x ananassa* L. Duch.). *Reviewed Papers*. 218-226 pp.
- Ki-Hyun Park., O-Mi Lee., Jo-II Jung., Jin-Ha Jeong., Young-Dong Jeon., Dae-Youn Hwang., Chung-Yeol Lee., Hong-Joo Son. 2009. Rapid solubilization of insoluble phosphate by a novel environmental stress-tolerant *Burkholderia vietnamiensis* M6 isolated from ginseng rhizospheric soil. *Appl Microbiol Biotechnol*. 86: 947-955.
- Kogelmann, W. J., Lin, H. S., Bryant, R. B., Beege, D. B., Wolf, A. M., Petersen, G. W. 2004. A statewide assessment of the impacts of phosphorus-index implementation in Pennsylvania. *J. Soil Water Conservation*. 59: 9-18.
- Kowaljow, E., Mazzarino, M. J., Satti, P., Jiménez-Rodríguez, C. 2010. Organic and inorganic fertilizer effects on a degraded Patagonian rangeland. *Plant Soil* 332: 135-145.
- Kumar, V., Behl, RK., Nurula, N. 2001. Establishment of phosphate solubilizing strains of *Azotobacter chroococcum* in rhizosphere and their effect on wheat cultivars under greenhouse conditions. *Microbiol Res*. 156: 87-93.
- Kjellström, C. G., Kirchmann, H. 1994. Dry matter production of oilseed rape (*Brassica napus*) with special reference to the root system. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*: 123: 327-332.
- Kloepper J. W., Lifshitz, R., Zablotowitz, R. M. 1989. Free living bacteria inocula for enhancing crop productivity. *Trends in Biotechnology* 7: 39-43.

- Lai, W. A., Rekha, P. D., Arun, A. D., Young, C. C. 2008. Effect of mineral fertilizer, pig manure, and *Azospirillum rugosum* on growth and nutrient contents of *Lactuca sativa* L. *Biol. Fertil. Soils* 45: 155-164.
- Lamm F. R., A. J. Schlegel. 2000. Nitrogen fertilization for corn production when using lepa center pivot sprinklers. National Irrigation Symposium proceeding of the 4th Decennial Symposium, November 14-16. Phoenix, AZ, USA.
- Lee, J. 2010. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. Republic of Korea. ELSEVIER. *Scientia Horticulturae*. 124: 299-305.
- Linares, H. 2006. Limón Persa. Apoyo a MIPES promoción de inversiones e intercambios comerciales, apoyo al sector de la micro y pequeña empresa en Guatemala. MINECO, DESCA, AGEXPORT, CENCiT, UNION EUROPEA. 4 p.
- López, M. J. D. Díaz, E. A., Martínez, R. E., Valdez, C. R. D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra* 19: 293-299.
- Loreau M., Oteng-Yeboah A., Arroyo M. T. K., Babin, D., Barbault, R., Donoghue, M. 2006. Diversity without representation. *Nature* 442: 245-246.
- Loredo-Osti, C., López-Reyes, L., Espinoza-Victoria, D. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. Universidad Autónoma Chapingo, México. *Terra Latinoamericana*. 22(2): 225-239.
- Llanos, C. M. 1998. Patrones tolerantes a la tristeza de los cítricos (CTV). Leñosos. *Vida Rural*. España. 40-42 pp.
- Lteif, A., J. K. Whalen., R. L. Bradley., C. Camiré. 2010. Nitrogen transformations revealed by isotope dilution in an organically fertilized hybrid poplar plantation. *Plant Soil*. 333: 105-116.
- Lynch J.M., Whipps J. M. 1990. Substrate for in the rhizosphere. *Plant Soil* 129: 1-10.
- Madigan M. T., Martinko J.M., Parker, J. 2005. Brock. *Biología de los Microorganismos*. PEARSON. Prentice Hall. 10ª Edición. Southern Illinois University Carbondale. 1011 p.
- Manoharachary, C., Mukerji, G. K. 2006. Rhizosphere biology an overview. En Mukerji GK, Manoharachary C, Singh J (Eds.) *Microbial Activity in the Rhizosphere*. Springer. Berlín, Alemania. 1-15 pp.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second edition. Academic Press. London. 889 p.

- Medina-Urrutia, V. M., Robles-González, M. M., Velázquez-Monreal. 2008. Comportamiento de dos cultivares de Limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] en portainjertos desarrollados en suelos con dos profundidades. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 15 (1): 49-55.
- Méndez, M. J., Viteri, S. E. 2007. Alternativas de biofertilización para la producción sostenible de Cebolla de bulbo (*Allium cepa*) en Cucaita, Boyacá. *Agronomía Colombiana* 25(1): 168-175 pp.
- Mendoza, R., Goldmann, V., Rivas, J., Escudero, V., Pagani, E., Collantes, M., Marbán, L. 2002. Poblaciones de hongos micorrízicos arbúsculares en relación con las propiedades del suelo y de la planta hospedante en pastizales de Tierra del Fuego. *Ecología Austral. Asociación Argentina de Ecología*. 12: 105-116.
- Menge, J. A., Jarrell W. M., Labanauskas, C. K., Ojala, J. C., Huszar, C., Johnson, E. L. V., Sibert, D. 1982. Predicting mycorrhizal dependency of Troyer Citrange on *Glomus fasciculatus* in California citrus soils and nursery mixes. *Soil Science Society of America Journal*. 46: 762-768.
- Menge, J. A., Johnson, E. L. V., Platt, R. G. 1978. Mycorrhizal dependency of several citrus cultivars under three nutrient regimes. *New Phytologist* 81: 553-559.
- Millaleo M. R., C. Montecinos U., R. Rubio H., A. Contreras N., F. Borie B. 2006. Efecto de la adición de compost sobre propágulos micorrízicos arbúsculares en un suelo volcánico del Centro Sur de Chile. *R. C. Suelo Nutr. Veg. J. Soil Sc. Plant Nutr.* 6(3): 26-39.
- Moeskops B., Sukristiyonubowo., Buchan, D., Sleutel S., Herawaty L., Husen E., Saraswati R., Setyorini D., De N. S. 2010. Soil microbial communities and activities under intensive organic and conventional vegetable farming in West Java, Indonesia. *Applied Soil Ecology* 45: 112-120.
- Mora, D. J. R. 2006. Contribuciones del Compost al Mejoramiento de la Fertilidad del Suelo. M. Sc. Candidato a PhD. Profesor Investigador Universidad de Costa Rica. 6 p.
- Myers, R. J. K., Cuevas, E., Brossard, M. 1994. The synchronisation of nutrient mineralisation and plant nutrient demand. In *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. Wooster, PL; MJ (eds.). CAB International, Wallingford, UK. 81-116 pp.
- Nahas, E. 1996. Factors determining rock phosphate solubilization by microorganisms isolated from soil. *World J. Microbiol. Biotech.* 12: 567-572.
- Nelson, D. W., Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological properties*. Page, A. L. (Ed.). 2nd ed. ASA. SSSA. Madison, WI, USA. 539-579 pp.
- Nemec, S. 1978. Response of six citrus rootstocks to three species of *Glomus*, a mycorrhizal fungus. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 91: 10-14.

- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria), 2001. Manual Técnico Cultivo Ecológico de Limón Persa (*Citrus aurantifolia* L). Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación no Tradicional-Vifinex. República de China-OIRSA. 35 p.
- OIRSA, 2003. Manual Producción Ecológica con Énfasis en Cultivos Tropicales. Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación no Tradicional-Vifinex. República de China- OIRSA. 74 p.
- Ogüt, M., Akdag, C., Düzdemir, O., Sakin, M. A. 2005. Single and double inoculation with *Azospirillum/Trichoderma*: the effects on dry bean and wheat. *Biology and Fertility of Soils*. 41: 262-272.
- Osorio, M. V. E. 2004. Tesis: Descomposición y liberación de nitrógeno de material foliar y radicular de siete especies de sombra en un sistema agroforestal con café. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación. Escuela de Posgrado. Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica. 89 p.
- Parfitt, R. L., Yeates, Y. W., Ross, D. J., Mackay, A. D., Budding, P. J. 2005. Relationships between soil biota, nitrogen and phosphorus availability, and pasture growth under organic and conventional management. *ELSEVIER. Applied Soil Ecology*. 28: 1-13.
- Pastrana, A. L. 1999. Manejo integrado de abonos orgánicos y químicos en la producción de naranjo en suelos ácidos de Huimanguillo, Tabasco. MEMORIA: XII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuario. Villahermosa Tabasco, México. 242-248 pp.
- Pérez, G. A. 2007. Producción forzada de limón persa (*Citrus latifolia* Tan) en Yucatán. XI Simposium Internacional de Citricultura. “La citricultura Mexicana en el siglo XXI”. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Instituto Tecnológico de CONKAL (ITC) Yucatán. Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios CONKAL, Yuc.
- Pérez, A., Bustamante, C., Rodríguez, P., Viñals R. 2005. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la microflora edáfica y algunos indicadores del crecimiento y el rendimiento de *Coffea canephora* Pierre cultivado en suelo pardo ócrico sin carbonatos. *Cultivos tropicales*. 26(2): 65-71.
- Pérez-Zamora, O., Medina-Urrutia, V., Becerra-Rodríguez, S. 2002. Crecimiento y rendimiento de naranja Valencia injertada en 16 portainjertos de cítricos establecidos en suelo calcimórfico, y calidad del jugo. *Agrociencia* 36: 137-148.
- Perrín, R. 1990. Interactions between mycorrhizae and diseases caused by soil-borne fungi. *Soil Used and Management*. 6: 189-195.
- Pikovskaya, R. I. 1948. Mobilization of phosphorus in soil in connection with the vital activity of some microbial species. *Mikrobiologyva* 17: 362-370.

- Pool-Novelo, L., Trinidad-Santos, A., Etchevers-Barra, J. D., Pérez-Moreno, J., Martínez-Garza, A. 1999. Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de Chiapas, México. *Agrociencia*. 34(3): 251-259.
- Porta J., López-Acevedo M., Roquero C. 1999. *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. 2da. Ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona, México. ISBN: 84-7114-784-X. 849 p.
- Potfer, J. P., Merrien, A. Vartanian, N. 1988. Etude in situ du système racinaire du colza de printemps en condition de sécheresse. En: *Physiologie et élaboration du rendement du colza d'hiver*. Ed. Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains (CETIOM), París. 47-53 pp.
- Powell, Ph. D. C. L. y Bagyaraj, Ph. D. J. 1984. VA Mycorrhiza. Scientist-in-Charge Horticultural Research Station, Ministry of Agriculture and fisheries, Pukekohe, New Zealand. Associate Professor Department of Agricultural Microbiology, University of Agricultural Sciences GKVK-Campus Bangalore, India. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. 234 p.
- Qi-mei L., Zheng-Hug R., Yan-Xing S., Jun Y., Li-Jun X. 2002. Identification and practical application of silicate-dissolving bacteria. *Agric. Sci. China*. 1: 81-85.
- PROSERCO. 2003. Diagnostico del Sistema Producto de Limón Persa. Promotoras de Servicios Comerciales del Estado de Campeche. 39 p.
- Ramírez, S. L. F., Alcántar, G. G., Ortega, E. M., Escalante, E. A., Soto, H. M., Sánchez, G. P. 1998. Fertilización foliar orgánica e inorgánica y rendimiento de sorgo en condiciones de salinidad. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. *Terra Latinoamericana*. 16(003): 205-210.
- Rao, N. S. 1982. *Biofertilizers in agriculture*. Oxford and IBH publishing. Nueva Delhi, India. 186 p.
- Rick, P.S.P. 2000. *La ciencia de las plantas Thomson*. Paraninfo. Madrid, España. 628 p.
- Rivera-Cruz M. C. 2008. *Manual para la elaboración de biofertilizantes*. 1a. ed. Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco. H. Cárdenas, Tab. 43 p.
- Rivera-Cruz M. C., Trujillo-Narcía A., Alejo P. D. E. 2010. Los biofertilizantes integrados con bacterias fijadoras de N, solubilizadoras de P y sustratos orgánicos en el crecimiento de naranjo agrio *Citrus aurantium* L. *INTERCIENCIA*. 35(02): 113-119.
- Robles-García, P. L., Sánchez-Anguiano, H. M., Loeza-Kuk, E. 2008. Programa Nacional de Certificación de Material Propagativo de Cítricos en México. SAGARPA-SENASICA. D. F. México. 6 p.
- Rodríguez C. E. 1982. Improve medium for isolation of *Azospirillum* spp. *Environ. Microbiol.* 44: 990-991.

- Rodríguez, C. M., Ruiz, B. P., Ortiz, G. C. F., Cuti-Díaz, S. A., Ku O, J. L. 2006. Producción de naranja valencia tardía en patrones tolerantes al VTC en Tabasco. XIX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. p. 398-410.
- Rodríguez, H., R. Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotech. Adv.* 17:319-339.
- Rodríguez, V. A., Mazza, S. M., Martínez, G. C., Alvarengas, L., Píccoli, A. B., Ortiz, M. L., Avanza, M. M. 2007. Uso de reguladores de crecimiento para incrementar la productividad de mandarina "Clemenules". *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal-SP.* 29(1): 48-56.
- Roldan, A., Salinas-García J. R., Alguacil, M. M., Díaz, E., Caravaca, F. 2005. Soil enzyme activities suggest advantages of conservation tillage practices in sorghum cultivation under subtropical conditions. *Geoderma* 129: 178-185.
- Romero-Lima, M. R., Trinidad-Santos, A., García-Espinosa, R., Ferrera-Cerrato, R. 1999. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia.* 34(3): 261-269.
- SAGARPA, 2005. Portainjertos de cítricos y su tolerancia a virus y viroides. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Colima (CESAVECOL). Alianza para el Campo. Folleto de divulgación. No. 6.
- SAGARPA., SENASICA., OIRSA. 2010. Importancia de la Producción y Uso de Planta Certificada de Cítricos. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 66 p.
- Salamanca, S. C. R., Cano, S. C. A. 2005. Efecto de las micorrizas y el sustrato en el crecimiento vegetativo y nutrición de cuatro especies frutales y una forestal, en la fase de vivero, en el municipio de Restrepo-Meta, Colombia. Encuentro Nacional de la Ciencia del Suelo "Materia orgánica y microorganismos en la Agricultura Colombiana". Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. CORPOICA. Medellín. 8 p.
- Salamanca, S. C. R., Silva, H. M. 1998. Las micorrizas como alternativa para el manejo sostenible de los agroecosistemas tropicales. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria regional ocho. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. No. 12. 26 p.
- Salas, E. y Ramírez, C. 2001. Bioensayo microbiano para estimar los nutrientes disponibles en los abonos orgánicos: Calibración en el campo. *Revista Agronomía Costarricense. Redalyc.* 25(002): 11-23.
- Salazar, S. R. P. 2001. TESIS: Evaluación de once patrones de cítricos a nivel plántula en dos localidades en el estado de Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. 76 p.

- Salazar, S. E., A. Beltrán M., M. Fortis H., J. A. Leos R., J. A. Cueto W., C. Vázquez V., J. J. Peña C. 2003. Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de maíz forrajero con tres sistemas de labranza. *Terra* 21: 569-575.
- Salisbury, F. B., Ross, C. 1994. *Fisiología Vegetal*. 4ta. ed. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 759 p.
- Salomón, E. 1998. Extraction of soil Potassium with 0.01 M calcium chloride compared to Official Swedish methods. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 29(19-20): 2841-2854.
- Sánchez C. R., Díaz F. A., Pecina Q. V., Garza C. I., Loera G. J. 2008. *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense* en trigo bajo dos regímenes de humedad en el suelo. *Universidad y Ciencia*. Vol. 24. No. 003. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tab. México. 239-245 pp.
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. Software: the SAS System for Windows version 9.0. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sasson, A. 1993. *La alimentación del hombre del mañana*. UNESCO. Ed. Reverté S. A. Barcelona, España. 323 p.
- Serralde O. A. M. y Ramírez G. M. M. 2004. Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (*Zea mays*) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos. *Revista Corpoica*. 5(1): 31-40.
- SIAP-SAGARPA, 2009. Desarrollo de un Modelo Integral de Sistema de Información Geográfica y Edáfica como Fundamento de la Agricultura de Precisión en la Caña de Azúcar en México. Etapa I. disponible en: [http://siazucar.siap.gob.mx/materiales/suelos/54\\_SANTA\\_ROSALIA\\_SIAP\\_II.pdf](http://siazucar.siap.gob.mx/materiales/suelos/54_SANTA_ROSALIA_SIAP_II.pdf)
- SIAP-SAGARPA, 2010. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta 1980–2008 (SIACON). México DF. Disponible en: <<http://www.siapsagarpa.gob.mx>>.
- Sieverding, E. 1983. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo-arbúsculares en el laboratorio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Proyecto micorriza. Apartado Aéreo 6713, Calí, Colombia. 121 p.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbúscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Technical Cooperation-Federal Republic of Germany (GTZ). 367 p.
- Silva, A., Ponce De León, J., Carassa, R., Reyes, W. 1992. Efecto de la aplicación de efluentes orgánicos de tambo sobre la producción de verdeos y propiedades físico-químicas del suelo. *Notas. Técnicas* N° 16. Facultad de Agronomía. Uruguay. 16 p.
- Sparks, D. L., P. M. Huang, 1985. Physical chemistry of soil potassium. In: Mundson, R.D. (ed.). *Potassium in agriculture*. American Society of Agronomy-Crop Science Society of America-Soil Science Society of America. 202-265 pp.

- Szott, L. T., Kass, C. L. 1993. Fertilizers in agroforestry systems. *Agroforestry Systems*. No.23. 157-176 pp.
- Sylvia, D. M., Williams, S. E. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stresses. In: Bethlenfalvay, G.J., R. J. Linderman (eds.), *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. ASA Madison. 54: 101-124.
- Swingle, W. T. 1943. The botany of *Citrus* and its wild relatives in the orange subfamily. In: H. J. Webber and L. D. Batchelor. Eds. *The citrus industry*. Vol. 1. Berkeley: University of California Press. 474 p.
- Spina, S., Coco, V., Gentile, A., Catara, A., Cirvilleri, G. 2008. Association of fusarium solani with rolabc and wild type Troyer Citrange. *Journal of Plant Pathology*. 90(3): 479-486.
- Tapia-Goné, J., Ferrera-Cerrato, R., Varela-Fregoso, L., Rodríguez-Ortiz, J. C., Lara M. J., Soria C. J. C., Cuellar T. H., Tiscareño I. M. A., Cisneros A. R. 2008. Caracterización e identificación morfológica de hongos formadores de micorriza arbuscular, en cinco suelos salinos del Estado de San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Micología*. Impresa en México. 26: 1-7.
- Tian, G., Brussaard, L., Kang, B. T., Swift, M. L. 1997. Soil fauna-mediated decomposition of plant residues under constrained environmental and residue quality conditions. In G. Cadish; K. E. Giller. (eds.) *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*. CAB International. 125-134 pp.
- Timmer, L. W., Leyden, R. F. 1980. The relationship of micorrhizal infection to phosphorus-induced copper deficiency in sour orange seedlings. *New Phytol*. 85: 15-23.
- Tisdale, L. S., W. Nelson L. 1982. *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*. Jorge Balasch. Editorial Uteha. México, D. F. 760 p.
- Thurling, N. 1974. Morphophysiological determinants of yield in rapeseed (*Brassica campestris* and *Brassica napus*). I Growth and morphological characters. *Australian Journal of Agricultural Research* 25: 697-710.
- Trappe, J. M. 1984. Mycorrhizal reactions to pesticides. *Annual Review of Phytopathology* 22: 331-359.
- Trujillo-Arriaga, J., Sánchez-Anguiano, H. M., Robles-García, P. L. 2008. Situación actual y perspectivas del Huanglongbing y el Psílido Asiático de los Cítricos en México. SAGARPA-SENASICA-Dirección General de Sanidad Vegetal. I Taller Internacional sobre Huanglongbing de los cítricos (*Candidatus Liberibacter spp*) y el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*). Hermosillo, Sonora, México. 3 p.
- Tsai, S. M., R. Rossetto. 1992. Transformacoes microbianas do fósforo. In *Microbiologia do Solo*. Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. Campinas, Brasil.

- Unger, P. W., Kaspar, T. C. 1994. Soil compaction and root growth: a review. *Agronomy Journal* 86: 759-766.
- Vaast, P., Snoeck, D. 1999. Hacia un manejo sostenible de la materia orgánica y de la fertilidad biológica de los suelos cafetaleros. In: Beltrand, B. y Rapidez, B. (eds.). *Desafíos de la caficultura en Centroamérica*. San José, Costa Rica: IICA. PROMECAFE. CIRAD. IRD. CCCR. Francia. 148 p. Fuente original: Wrigley, G. 1988. *Coffee*. New York, Longman.
- Velázquez-Rodríguez, A. S., Flores-Román, D., Etchevers-Barra, J. D., García-Calderón, N. E. 2007. Materia orgánica en Tepetate bajo cultivo de Higuera y Pasto, acondicionado con estiércol y fertilizante. *Agrociencia*. 42(01): 11-19.
- Ventura, U. F. 2007. Fertilidad del suelo y estado nutrimental de las plantaciones de cítricos en Huimanguillo, Tabasco. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias Producción Agroalimentaria en el Trópico. Colegio de Postgraduados. Campus-Tabasco. 99 p.
- Villalobos, F. J., L. Mateos., F. Orgaz., E. Fereres. 2002. *Fitotecnia Bases y Tecnologías de la Producción Agrícola*. Ediciones Mundi-Prensa. España. 496 p.
- Wani, S. P., Chandrapalaiah, S., Zambre, M. A., Lee, K. K. 1988. Association between N<sub>2</sub>-fixing bacteria and pearl millet plants. Response, mechanisms and resistance. *Plant Soil* 110: 284-302.
- Wu, S. C., H. Cao Z., G. Li Z., C. Cheung K., H. Wong M. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*. 125: 155-166.
- Wutscher, H. K., Smith, P. F. 1996. Citrus. In: Bennet, W. F. *Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants*. Minnesota: APS Press. 166-167 pp.
- Zapater, J. M. 1975. Evaluación en el maíz del coeficiente rizósfera-suelo (R/S) referidos a bacterias libres fijadoras de nitrógeno. *Anales científicos UNA*. 13: 45-57.
- Zúñiga, D., Gutiérrez-Correa, M. 1982. Diazótrofos libres en la rizósfera de *Sicyos baderoa* Lomas de Lachay. Lima, Perú. *Zonas Áridas*. 2: 79-86.

## IX. APÉNDICE

### Análisis de varianza de las variables evaluadas en invernadero con Citrange troyer Por tratamientos

Cuadro 1. Análisis de varianza del potencial hidrógeno del suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	5.9313	0.4562	26.57	<.0001
Error		28	0.4808	0.0171		
Total		41	6.4122			
R-cuadrado		0.925008				
CV		2.154734				

Cuadro 2. Análisis de varianza de la materia orgánica en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	66.9761	5.1520	36.06	<.0001
Error		28	4.000	0.1428		
Total		41	70.9761			
R-cuadrado		0.943643				
CV		3.443494				

Cuadro 3. Análisis de varianza del carbono orgánico en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	22.3353	1.7181	69.52	<.0001
Error		28	0.6920	0.0247		
Total		41	23.0273			
R-cuadrado		0.969949				
CV		2.476270				

Cuadro 4. Análisis de varianza del nitrógeno total en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	0.5914	0.0454	Infin	<.0001
Error		28	0.0000	0.0000		
Total		41	0.5914			
R-cuadrado		1.0000				
CV		0				

Cuadro 5. Análisis de varianza de la relación carbono-nitrógeno en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	86049.4773	6619.1905	3091.70	<.0001
Error		28	59.9466	2.1409		
Total		41	86109.4240			
R-cuadrado		0.999304				
CV		2.641722				

Cuadro 6. Análisis de varianza del fósforo disponible en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	20429.4878	1571.4990	Infin	<.0001
Error		28	0.0000	0.0000		
Total		41	20429.4878			
R-cuadrado		1.0000				
CV		0				

Cuadro 7. Análisis de varianza de bacterias del género *Azospirillum* en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	2.1785	167584450246	51.22	<.0001
Error		28	91620145975	3272148070.5		
Total		41	2.2702			
R-cuadrado		0.959643				
CV		33.64726				

Cuadro 8. Análisis de varianza de bacterias del género *Azotobacter* en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	80904885.62	6223452.74	121.68	<.0001
Error		28	1432104.00	51146.57		
Total		41	82336989.62			
R-cuadrado		0.982607				
CV		23.46597				

Cuadro 9. Análisis de varianza de bacterias solubilizadoras de fosfatos en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	2.0652	1.5886	103.19	<.0001
Error		28	4.3108	153958304964		
Total		41	2.1083			
R-cuadrado		0.979553				
CV		37.87336				

Cuadro 10. Análisis de varianza de las bacterias solubilizadoras de potasio en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	2.1629	1.6637	230.47	<.0001
Error		28	202134221026	7219079322.4		
Total		41	2.1831			
R-cuadrado		0.990741				
CV		14.46667				

Cuadro 11. Análisis de varianza de bacterias del género *Azospirillum* en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	5.9517	457825611071	470.68	<.0001
Error		28	27235304239	972689437.12		
Total		41	5.9789			
R-cuadrado		0.995445				
CV		12.04162				

Cuadro 12. Análisis de varianza de bacterias del género *Azotobacter* en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	4536961721	348997055	28.13	<.0001
Error		28	347341354	12405048		
Total		41	4884303075			
R-cuadrado		0.928886				
CV		49.98416				

Cuadro 13. Análisis de varianza de bacterias solubilizadoras de fosfatos en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	7.4668	5.7437	125.30	<.0001
Error		28	1.2834	458386140042		
Total		41	7.5952			
R-cuadrado		0.983101				
CV		34.58798				

Cuadro 14. Análisis de varianza de las bacterias solubilizadoras de potasio en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	2.4226	1.8635	34.32	<.0001
Error		28	1.5203	54297308937		
Total		41	2.5746			
R-cuadrado		0.940950				
CV		32.55207				

Cuadro 15. Análisis de varianza de la colonización por hifas de hongos micorrízicos-arbusculares en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	8592.4590	660.9583	23.00	<.0001
Error		28	804.8000	28.7428		
Total		41	9397.2590			
R-cuadrado		0.914358				
CV		7.092029				

Cuadro 16. Análisis de varianza de la colonización por arbusculos de hongos micorrízicos-arbusculares en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	11904.31167	915.71628	35.24	<.0001
Error		28	727.56667	25.98452		
Total		41	12631.87833			
R-cuadrado		0.942402				
CV		8.498197				

Cuadro 17. Análisis de varianza de la colonización por vesículas de hongos micorrízicos-arbusculares en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	9540.60476	733.89267	22.50	<.0001
Error		28	913.14000	32.61214		
Total		41	10453.74476			
R-cuadrado		0.912649				
CV		10.88840				

Cuadro 18. Análisis de varianza de la altura de Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	22078.11905	1698.31685	28.54	<.0001
Error		28	1666.0000	59.50000		
Total		41	23744.11905			
R-cuadrado		0.929835				
CV		10.75248				

Cuadro 19. Análisis de varianza del diámetro basal del tallo de portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	121.5279333	9.3483026	80.18	<.0001
Error		28	3.2644000	0.1165857		
Total		41	124.7923333			
R-cuadrado		0.973841				
CV		4.409554				

Cuadro 20. Análisis de varianza de la materia seca foliar del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	640.5844310	49.2757255	120.58	<.0001
Error		28	11.4426667	0.4086667		
Total		41	652.0270976			
R-cuadrado		0.982451				
CV		7.547679				

Cuadro 21. Análisis de varianza de la materia seca radical del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	385.1057143	29.6235165	Infin	<.0001
Error		28	0.0000	0.0000		
Total		41	385.1057143			
R-cuadrado		1.0000				
CV		0				

Cuadro 22. Análisis de varianza de la materia seca total del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	1885.629762	145.048443	351.94	<.0001
Error		28	11.540000	0.412143		
Total		41	1897.169762			
R-cuadrado		0.993917				
CV		3.962279				

### Por efecto de los diferentes tipos de fertilizantes

Cuadro 23. Análisis de varianza del nitrógeno total en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	0.29302857	0.05860571	7.07	0.0001
Error		36	0.29840000	0.00828889		
Total		41	0.59142857			
R-cuadrado			0.495459			
CV			49.40336			

Cuadro 24. Análisis de varianza de fósforo disponible en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	7948.70786	1589.74157	4.59	0.0024
Error		36	12480.78000	346.68833		
Total		41	20429.48786			
R-cuadrado			0.389080			
CV			59.47387			

Cuadro 25. Análisis de varianza de bacterias del género *Azospirillum* en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	993231707467	198646341493	5.60	<.0006
Error		36	1.2769863	35471841436		
Total		41	2.270218			
R-cuadrado			0.437505			
CV			110.7835			

Cuadro 26. Análisis de varianza de bacterias del género *Azotobacter* en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	20761209.84	4152241.97	2.43	<.0538
Error		36	61575779.78	1710438.33		
Total		41	82336989.62			
R-cuadrado		0.252149				
CV		135.7013				

Cuadro 27. Análisis de varianza de bacterias solubilizadoras de fosfatos en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	4.8213777	9.6427553	2.13	<.0835
Error		36	1.6261912	4.5171978		
Total		41	2.108329			
R-cuadrado		0.228682				
CV		205.1478				

Cuadro 28. Análisis de varianza de las bacterias solubilizadoras de potasio en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	1.0501504	2.1003008	6.67	<.0002
Error		36	1.1329994	314722046028		
Total		41	2.1831498			
R-cuadrado		0.481025				
CV		95.51932				

Cuadro 29. Análisis de varianza de bacterias del género *Azospirillum* en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	1.3468899	269377977177	2.09	<.0888
Error		36	4.6320784	128668843397		
Total		41	5.9789682			
R-cuadrado		0.225271				
CV		138.4951				

Cuadro 30. Análisis de varianza de bacterias del género *Azotobacter* en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	1941003107	388200621	4.75	0.0020
Error		36	2943299968	81758332		
Total		41	4884303075			
R-cuadrado		0.397396				
CV		128.3214				

Cuadro 31. Análisis de varianza de bacterias solubilizadoras de fosfatos en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	1.4630191	2.9260382	1.72	0.1555
Error		36	6.1322008	1.7033891		
Total		41	7.5952199			
R-cuadrado		0.192624				
CV		210.8465				

Cuadro 32. Análisis de varianza de las bacterias solubilizadoras de potasio en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	5.7182477	1.1436495	2.06	0.0940
Error		36	2.0028351	556343090597		
Total		41	2.5746599			
R-cuadrado		0.222097				
CV		104.1983				

Cuadro 33. Análisis de varianza de la colonización por hifas de hongos micorrízicos-arbusculares en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	1849.007937	369.801587	1.76	0.1453
Error		36	7548.251111	209.673642		
Total		41	9397.259048			
R-cuadrado		0.196760				
CV		19.15479				

Cuadro 34. Análisis de varianza de la colonización por arbusculos de hongos micorrízicos-arbusculares en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	3438.86944	687.77389	2.69	0.0362
Error		36	9193.00889	255.36136		
Total		41	12631.87833			
R-cuadrado		0.272237				
CV		26.64078				

Cuadro 35. Análisis de varianza de la colonización por vesículas de hongos micorrízicos-arbusculares en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	2271.66254	454.33251	2.00	0.1023
Error		36	8182.08222	227.28006		
Total		41	10453.74476			
R-cuadrado		0.217306				
CV		28.74451				

Cuadro 36. Análisis de varianza de la altura del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	15400.34127	3080.06825	13.29	<.0001
Error		36	8343.77778	231.77160		
Total		41	23744.11905			
R-cuadrado		0.648596				
CV		21.22170				

Cuadro 37. Análisis de varianza del diámetro basal del tallo de Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	89.9029556	17.9805911	18.55	<.0001
Error		36	34.8893778	0.9691494		
Total		41	124.7923333			
R-cuadrado		0.720421				
CV		12.71357				

Cuadro 38. Análisis de varianza de la materia seca foliar del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	412.5662087	82.5132417	12.40	<.0001
Error		36	239.4608889	6.6516914		
Total		41	652.0270976			
R-cuadrado		0.632744				
CV		30.45053				

Cuadro 39. Análisis de varianza de la materia seca radical del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	295.9657143	59.1931429	23.91	<.0001
Error		36	89.1400000	2.4761111		
Total		41	385.1057143			
R-cuadrado		0.768531				
CV		20.36038				

Cuadro 40. Análisis de varianza de la materia seca total del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	1380.056429	276.011286	19.22	<.0001
Error		36	517.113333	14.364259		
Total		41	1897.169762			
R-cuadrado		0.727429				
CV		23.39175				

### Por efecto de dosis de fertilizantes

Cuadro 41. Análisis de varianza de nitrógeno total en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	0.16235357	0.04058839	3.50	0.0160
Error		37	0.42907500	0.01159662		
Total		41	0.59142857			
R-cuadrado		0.274511				
CV		58.43514				

Cuadro 42. Análisis de varianza de fósforo disponible en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	7182.09536	1795.52384	5.01	0.0025
Error		37	13247.39250	358.03764		
Total		41	20429.48786			
R-cuadrado		0.351555				
CV		60.43951				

Cuadro 43. Análisis de varianza de bacterias del género *Azospirillum* en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	470863260342	117715815085	2.42	0.0656
Error		37	1.7993547	48631209158		
Total		41	2.270218			
R-cuadrado		0.207409				
CV		129.7152				

Cuadro 44. Análisis de varianza de bacterias del género *Azotobacter* en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	13988727.45	3497181.86	1.89	0.1322
Error		37	68348262.17	1847250.33		
Total		41	82336989.62			
R-cuadrado		0.169896				
CV		141.0240				

Cuadro 45. Análisis de varianza de bacterias solubilizadoras de fosfatos en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	4.9263161	1.231579	2.82	0.0387
Error		37	1.6156974	4.3667497		
Total		41	2.108329			
R-cuadrado		0.233660				
CV		201.7026				

Cuadro 46. Análisis de varianza de las bacterias solubilizadoras de potasio en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	7.1182762	1.779569	4.48	0.0047
Error		37	1.4713221	397654631665		
Total		41	2.1831498			
R-cuadrado		0.326055				
CV		107.3694				

Cuadro 47. Análisis de varianza de bacterias del género *Azospirillum* en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	1.4143691	353592264202	2.87	0.0365
Error		37	4.5645992	123367545712		
Total		41	5.9789682			
R-cuadrado		0.236557				
CV		135.6120				

Cuadro 48. Análisis de varianza de bacterias del género *Azotobacter* en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	479042765	119760691	1.01	0.4169
Error		37	4405260309	119061089		
Total		41	4884303075			
R-cuadrado		0.098078				
CV		154.8524				

Cuadro 49. Análisis de varianza de bacterias solubilizadoras de fosfatos en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	3.31649	8.2912251	7.17	0.0002
Error		37	4.2787299	1.1564135		
Total		41	7.5952199			
R-cuadrado		0.436655				
CV		173.7265				

Cuadro 50. Análisis de varianza de las bacterias solubilizadoras de potasio en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	1.7801201	4.4503002	20.72	<.0001
Error		37	7.9453982	214740492000		
Total		41	2.5746599			
R-cuadrado		0.691400				
CV		64.73608				

Cuadro 51. Análisis de varianza de la colonización por hifas de hongos micorrízicos-arbusculares en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	1047.287381	261.821845	1.16	0.3440
Error		37	8349.971667	225.674910		
Total		41	9397.259048			
R-cuadrado		0.111446				
CV		19.87226				

Cuadro 52. Análisis de varianza de la colonización por arbusculos de hongos micorrízicos-arbusculares en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	2376.93333	594.23333	2.14	0.0947
Error		37	10254.94500	277.16068		
Total		41	12631.87833			
R-cuadrado		0.188169				
CV		27.75462				

Cuadro 53. Análisis de varianza de la colonización por vesículas de hongos micorrízicos-arbusculares en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	1045.43810	261.35952	1.03	0.4058
Error		37	9408.30667	254.27856		
Total		41	10453.74476			
R-cuadrado		0.100006				
CV		30.40389				

Cuadro 54. Análisis de varianza de la altura del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	3619.36905	904.84226	1.66	0.1792
Error		37	20124.75000	543.91216		
Total		41	23744.11905			
R-cuadrado		0.152432				
CV		32.50982				

Cuadro 55. Análisis de varianza del diámetro basal del tallo en Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	31.4352167	7.8588042	3.11	<.0264
Error		37	93.3571167	2.5231653		
Total		41	124.7923333			
R-cuadrado		0.251900				
CV		20.51374				

Cuadro 56. Análisis de varianza de la materia seca foliar del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	147.7701560	36.9425390	2.71	0.0447
Error		37	504.2569417	13.6285660		
Total		41	652.0270976			
R-cuadrado		0.226632				
CV		43.58669				

Cuadro 57. Análisis de varianza de la materia seca radical del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	78.6707143	19.6676786	2.37	0.0697
Error		37	306.435000	8.2820270		
Total		41	385.1057143			
R-cuadrado		0.204283				
CV		37.23652				

Cuadro 58. Análisis de varianza de la materia seca total del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	436.694762	109.173690	2.77	0.0416
Error		37	1460.475000	39.472297		
Total		41	1897.169762			
R-cuadrado		0.230182				
CV		38.77639				

## Análisis de varianza de las variables evaluadas en vivero del Portainjerto Citrange troyer

### Por tratamientos

Cuadro 59. Análisis de varianza del potencial hidrógeno del suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	5.30285714	0.40791209	13.38	<.0001
Error		28	0.85333333	0.03047619		
Total		41	6.15619048			
R-cuadrado			0.861386			
CV			2.641254			

Cuadro 60. Análisis de varianza de la materia orgánica del suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	9.61904762	0.73992674	10.36	<.0001
Error		28	2.00000000	0.07142857		
Total		41	11.61904762			
R-cuadrado			0.827869			
CV			3.050264			

Cuadro 61. Análisis de varianza del carbono orgánico del suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	2.29196190	0.17630476	9.38	<.0001
Error		28	0.52620000	0.01879286		
Total		41	2.81816190			
R-cuadrado			0.813283			
CV			2.720495			

Cuadro 62. Análisis de varianza del nitrógeno total en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	0.03582857	0.00275604	Infin	<.0001
Error		28	0.0000	0.0000		
Total		41	0.03582857			
R-cuadrado		1.0000				
CV		0				

Cuadro 63. Análisis de varianza de la relación carbono-nitrógeno en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	31341.77375	2410.90567	731.24	<.0001
Error		28	92.31653	3.29702		
Total		41	31434.09028			
R-cuadrado		0.997063				
CV		2.336017				

Cuadro 64. Análisis de varianza del fósforo disponible en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	36301.90286	2792.45407	Infin	<.0001
Error		28	0.0000	0.0000		
Total		41	36301.90286			
R-cuadrado		1.0000				
CV		0				

Cuadro 65. Análisis de varianza de bacterias del género *Azospirillum* en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	856120531750	65855425519	110.48	<.0001
Error		28	16690192305	596078296.62		
Total		41	872810724055			
R-cuadrado		0.980878				
CV		20.66650				

Cuadro 66. Análisis de varianza de bacterias del género *Azotobacter* en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	12090845393	930065030	997.29	<.0001
Error		28	26112610	932593		
Total		41	12116958003			
R-cuadrado		0.997845				
CV		14.09015				

Cuadro 67. Análisis de varianza de bacterias solubilizadoras de fosfatos en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	1.5668279	1.2052522	43.34	<.0001
Error		28	7.7860763	278074154582		
Total		41	1.6446886			
R-cuadrado		0.952659				
CV		54.20881				

Cuadro 68. Análisis de varianza de las bacterias solubilizadoras de potasio en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	422704002802	32515692523	32.44	<.0001
Error		28	28154431359	1005515405.7		
Total		41	450858434162			
R-cuadrado		0.937554				
CV		24.37043				

Cuadro 69. Análisis de varianza de bacterias del género *Azospirillum* en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	2.3773936	1.8287643	81.47	<.0001
Error		28	6.2849127	224461169266		
Total		41	2.4402427			
R-cuadrado		0.974245				
CV		32.07660				

Cuadro 70. Análisis de varianza de bacterias del género *Azotobacter* en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	5.6570456	435157353669	86.48	<.0001
Error		28	140887230887	5031686817.4		
Total		41	5.7979328			
R-cuadrado		0.975700				
CV		30.74176				

Cuadro 71. Análisis de varianza de bacterias solubilizadoras de fosfatos en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	7.4042236	5.6955566	163.78	<.0001
Error		28	973742734669	34776526238		
Total		41	7.5015979			
R-cuadrado		0.987020				
CV		21.62685				

Cuadro 72. Análisis de varianza de las bacterias solubilizadoras de potasio en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	4.2645169	3.2803976	95.60	<.0001
Error		28	960809008489	34314607446		
Total		41	4.3605978			
R-cuadrado		0.977966				
CV		21.25761				

Cuadro 73. Análisis de varianza de la colonización por hifas de hongos micorrízicos-arbusculares (HMVA) en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	3598.785714	276.829670	1.53	0.1679
Error		28	5067.333333	180.976190		
Total		41	8666.119048			
R-cuadrado		0.415271				
CV		18.61664				

Cuadro 74. Análisis de varianza de la colonización por arbusculos de HMVA en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	6426.30952	494.33150	2.82	0.0105
Error		28	4913.33333	175.47619		
Total		41	11339.64286			
R-cuadrado		0.566712				
CV		29.20542				

Cuadro 75. Análisis de varianza de la colonización por vesículas de HMVA en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	7034.57143	541.12088	2.36	0.0280
Error		28	6431.33333	229.69048		
Total		41	13465.90476			
R-cuadrado		0.522399				
CV		87.19627				

Cuadro 76. Análisis de varianza de la altura del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	7593.071429	584.082418	16.32	<.0001
Error		28	1002.333333	35.797619		
Total		41	8595.404762			
R-cuadrado		0.883387				
CV		6.828551				

Cuadro 77. Análisis de varianza del diámetro basal del tallo de Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	127.5370000	9.8105385	32.05	<.0001
Error		28	8.5709333	0.3061048		
Total		41	136.1079333			
R-cuadrado		0.937028				
CV		5.425963				

Cuadro 78. Análisis de varianza de la materia seca foliar del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	1793.394298	137.953408	27.57	<.0001
Error		28	140.108600	5.003879		
Total		41	1933.502898			
R-cuadrado		0.927536				
CV		13.79993				

Cuadro 79. Análisis de varianza de la materia seca radical del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	449.6788310	34.5906793	3.50	0.0027
Error		28	277.0090667	9.8931810		
Total		41	726.6878976			
R-cuadrado		0.618806				
CV		37.66985				

Cuadro 80. Análisis de varianza de la materia seca total del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		13	3622.786667	278.675897	28.46	<.0001
Error		28	274.146667	9.790952		
Total		41	3896.933333			
R-cuadrado		0.929651				
CV		12.73697				

### Por efecto de tipos de fertilizantes

Cuadro 81. Análisis de varianza de nitrógeno total en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	0.01402857	0.00280571	4.63	0.0023
Error		36	0.02180000	0.00060556		
Total		41	0.03582857			
R-cuadrado		0.391547				
CV		33.12621				

Cuadro 82. Análisis de varianza de fósforo disponible en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	12715.96286	2543.19257	3.88	0.0065
Error		36	23585.94000	655.16500		
Total		41	36301.90286			
R-cuadrado		0.350284				
CV		72.59860				

Cuadro 83. Análisis de varianza de bacterias del género *Azospirillum* en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	377506445785	75501289157	5.49	0.0007
Error		36	495304278270	13758452174		
Total		41	872810724055			
R-cuadrado		0.432518				
CV		99.28876				

Cuadro 84. Análisis de varianza de bacterias del género *Azotobacter* en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	2951899422	590379884	2.32	0.0633
Error		36	9165058581	254584961		
Total		41	12116958003			
R-cuadrado		0.243617				
CV		232.8015				

Cuadro 85. Análisis de varianza de bacterias solubilizadoras de fosfatos en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	3.7110175	7.422035	2.10	0.0882
Error		36	1.2735869	3.5377414		
Total		41	1.6446886			
R-cuadrado		0.225636				
CV		193.3537				

Cuadro 86. Análisis de varianza de las bacterias solubilizadoras de potasio en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	74230907017	14846181403	1.42	0.2409
Error		36	376627527145	10461875754		
Total		41	450858434162			
R-cuadrado		0.164643				
CV		78.60923				

Cuadro 87. Análisis de varianza de bacterias del género *Azospirillum* en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	8.7963995	1.7592799	4.06	0.0050
Error		36	1.5606027	4.3350076		
Total		41	2.4402427			
R-cuadrado		0.360472				
CV		140.9654				

Cuadro 88. Análisis de varianza de bacterias del género *Azotobacter* en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	4.6400961	928019225331	28.85	<.0001
Error		36	1.1578367	32162130609		
Total		41	5.7979328			
R-cuadrado		0.800302				
CV		77.72205				

Cuadro 89. Análisis de varianza de bacterias solubilizadoras de fosfatos en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	2.5114826	5.0229652	3.62	0.0093
Error		36	4.9901153	1.3861431		
Total		41	7.5015979			
R-cuadrado		0.334793				
CV		136.5382				

Cuadro 90. Análisis de varianza de las bacterias solubilizadoras de potasio en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	3.2769367	6.5538734	21.77	<.0001
Error		36	1.0836611	301016966390		
Total		41	4.3605978			
R-cuadrado		0.751488				
CV		62.96084				

Cuadro 91. Análisis de varianza de la colonización por hifas de HMVA en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	1299.452381	259.890476	1.27	0.2980
Error		36	7366.666667	204.629630		
Total		41	8666.119048			
R-cuadrado		0.149946				
CV		19.79588				

Cuadro 92. Análisis de varianza de la colonización por arbusculos de HMVA en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	2135.42063	427.08413	1.67	0.1668
Error		36	9204.22222	255.67284		
Total		41	11339.64286			
R-cuadrado		0.188315				
CV		35.25304				

Cuadro 93. Análisis de varianza de la colonización por vesículas de HMVA en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	2556.57143	511.31429	1.69	0.1627
Error		36	10909.33333	303.03704		
Total		41	13465.90476			
R-cuadrado		0.189855				
CV		100.1554				

Cuadro 94. Análisis de varianza de la altura del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	4596.849206	919.369841	8.28	<.0001
Error		36	3998.555556	111.070988		
Total		41	8595.404762			
R-cuadrado		0.534803				
CV		12.02823				

Cuadro 95. Análisis de varianza del diámetro basal del tallo en Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	99.6592222	19.9318444	19.69	<.0001
Error		36	36.4487111	1.0124642		
Total		41	136.1079333			
R-cuadrado		0.732207				
CV		9.868056				

Cuadro 96. Análisis de varianza de la materia seca foliar del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	1629.067787	325.813557	38.53	<.0001
Error		36	304.435111	8.456531		
Total		41	1933.502898			
R-cuadrado		0.842547				
CV		17.93988				

Cuadro 97. Análisis de varianza de la materia seca radical del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	290.2159643	58.0431929	4.79	0.0019
Error		36	436.4719333	12.1242204		
Total		41	726.6878976			
R-cuadrado		0.399368				
CV		41.70161				

Cuadro 98. Análisis de varianza de la materia seca total del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		5	3169.106667	633.821333	31.35	<.0001
Error		36	727.826667	20.217407		
Total		41	3896.933333			
R-cuadrado		0.813231				
CV		18.30276				

## Por dosis de fertilizantes

Cuadro 99. Análisis de varianza de nitrógeno total en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	0.01010357	0.00252589	3.63	0.0135
Error		37	0.02572500	0.00069527		
Total		41	0.03582857			
R-cuadrado		0.281998				
CV		35.49536				

Cuadro 100. Análisis de varianza de fósforo disponible en suelo con Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	19651.53536	4912.88384	10.92	<.0001
Error		37	16650.36750	450.00993		
Total		41	36301.90286			
R-cuadrado		0.541336				
CV		60.16777				

Cuadro 101. Análisis de varianza de bacterias del género *Azospirillum* en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	210735526221	52683881555	2.94	0.0329
Error		37	662075197834	17893924266		
Total		41	872810724055			
R-cuadrado		0.241445				
CV		113.2317				

Cuadro 102. Análisis de varianza de bacterias del género *Azotobacter* en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	3395499142	848874786	3.60	0.0141
Error		37	8721458861	235715104		
Total		41	12116958003			
R-cuadrado		0.280227				
CV		224.0078				

Cuadro 103. Análisis de varianza de bacterias solubilizadoras de fosfatos en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	6.2650924	1.5662731	5.69	0.0011
Error		37	1.0181794	2.7518362		
Total		41	1.6446886			
R-cuadrado		0.380929				
CV		170.5300				

Cuadro 104. Análisis de varianza de las bacterias solubilizadoras de potasio en suelo a distancia del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	47870634237	11967658559	1.10	0.3716
Error		37	402987799925	10891562160		
Total		41	450858434162			
R-cuadrado		0.106177				
CV		80.20729				

Cuadro 105. Análisis de varianza de bacterias del género *Azospirillum* en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	7.0074711	1.7518678	3.73	0.0120
Error		37	1.7394956	4.7013394		
Total		41	2.4402427			
R-cuadrado		0.287163				
CV		146.8008				

Cuadro 106. Análisis de varianza de bacterias del género *Azotobacter* en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	512593708640	128148427160	0.90	0.4755
Error		37	5.2853391	142847003242		
Total		41	5.7979328			
R-cuadrado		0.088410				
CV		163.7976				

Cuadro 107. Análisis de varianza de bacterias solubilizadoras de fosfatos en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	7.711955	1.9279887	1.06	0.3900
Error		37	6.7304024	1.8190277		
Total		41	7.5015979			
R-cuadrado		0.102804				
CV		156.4119				

Cuadro 108. Análisis de varianza de las bacterias solubilizadoras de potasio en rizósfera del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	3.0007834	7.5019584	20.41	<.0001
Error		37	1.3598144	367517407267		
Total		41	4.3605978			
R-cuadrado		0.688159				
CV		69.56871				

Cuadro 109. Análisis de varianza de la colonización por hifas de HMVA en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	498.952381	124.738095	0.57	0.6895
Error		37	8167.166667	220.734234		
Total		41	8666.119048			
R-cuadrado		0.057575				
CV		20.56011				

Cuadro 110. Análisis de varianza de la colonización por arbusculos de HMVA en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	437.80952	109.45238	0.37	0.8274
Error		37	10901.83333	294.64414		
Total		41	11339.64286			
R-cuadrado		0.038609				
CV		37.84454				

Cuadro 111. Análisis de varianza de la colonización por vesículas de HMVA en raíz del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	1796.65476	449.16369	1.42	0.2452
Error		37	11669.25000	315.38514		
Total		41	13465.90476			
R-cuadrado		0.133423				
CV		102.1756				

Cuadro 112. Análisis de varianza de la altura del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	901.988095	225.497024	1.08	0.3783
Error		37	7693.416667	207.930180		
Total		41	8595.404762			
R-cuadrado		0.104938				
CV		16.45736				

Cuadro 113. Análisis de varianza del diámetro basal del tallo de Citrange troyer a los 11 meses después del trasplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	53.8382667	13.4595667	6.05	0.0008
Error		37	82.2696667	2.2235045		
Total		41	136.1079333			
R-cuadrado		0.395556				
CV		14.62382				

Cuadro 114. Análisis de varianza de la materia seca foliar del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	463.785814	115.946454	2.92	0.0340
Error		37	1469.717083	39.722083		
Total		41	1933.502898			
R-cuadrado		0.239868				
CV		38.88117				

Cuadro 115. Análisis de varianza de la materia seca radical del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	118.2076060	29.5519015	1.80	0.1502
Error		37	608.4802917	16.4454133		
Total		41	726.6878976			
R-cuadrado		0.162666				
CV		48.56779				

Cuadro 116. Análisis de varianza de la materia seca total del portainjerto Citrange troyer a los 11 meses después del transplante.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Pr>F
Modelo		4	915.125833	228.781458	2.84	0.0378
Error		37	2981.807500	80.589392		
Total		41	3896.933333			
R-cuadrado		0.234832				
CV		36.54203				