

Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de la Zona Maya

DOSIS OPTIMA ECONÓMICA PARA EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN DIFERENTES SUELOS

**Informe Técnico de Residencia Profesional
que presenta el C.**

GREGORIO CASILDO COCOM CHI

Número de Control: 11870021

Carrera: Ingeniería en Agronomía.

Asesor Interno: M en C. Víctor Eduardo Casanova Villarreal

Juan Sarabia, Quintana Roo

Diciembre 2015



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

El Comité de revisión para Residencia Profesional del estudiante de la carrera de **INGENIERÍA EN AGRONOMÍA, GREGORIO CASILDO COCOM CHI**; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por el asesor interno **M en C. VÍCTOR EDUARDO CASANOVA VILLARREAL**, la asesora externa la **DRA. ESMERALDA CÁZARES SÁNCHEZ**, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado: **DOSIS OPTIMA ECONÓMICA PARA EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN DIFERENTES SUELOS**, que presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fe de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

ATENTAMENTE

Asesor Interno



M en C. Víctor Eduardo Casanova Villarreal

Asesora Externa



Dra. Esmeralda Cázares Sánchez

Juan Sarabia, Quintana Roo, diciembre, 2015.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| ÍNDICE DE CUADROS | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | vi |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. JUSTIFICACIÓN..... | 3 |
| III. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO..... | 4 |
| 3.1. Macro localización | 4 |
| 3.2. Micro localización | 5 |
| IV. OBJETIVOS..... | 6 |
| 4.1 Objetivo general..... | 6 |
| 4.2 Objetivos específicos | 6 |
| V. MATERIALES Y METODOS..... | 7 |
| 5.1 Ubicación de los sitios de muestreo | 7 |
| 5.2 recolección de muestras de suelos..... | 8 |
| 5.3 Trabajo de invernadero | 9 |
| 5.4 Siembra | 9 |
| 5.5 Labores culturales en el invernadero | 11 |
| 5.6 Análisis en el laboratorio..... | 12 |
| 5.7 Variables de respuesta..... | 14 |
| 5.8 Diseño experimental..... | 16 |
| VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 18 |
| 6.1 Variable altura..... | 18 |
| 6.2 Variable Diametro | 21 |
| 6.3 Potasio..... | 24 |
| 6.4 Calcio | 25 |
| VII. PROBLEMAS RESUELTOS Y LIMITANTES | 26 |
| VIII. COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS..... | 28 |
| IX. CONCLUSIONES | 29 |
| X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 30 |
| XI. ANEXOS..... | 32 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|--|-----------|
| Cuadro 1. Espacio de exploración..... | 16 |
| Cuadro 2. Codificación de los tratamientos..... | 17 |
| Cuadro 3. Análisis de varianza en Potasio..... | 32 |
| Cuadro 4. Prueba de medias de Tukey en Potasio..... | 32 |
| Cuadro 5. Análisis de varianza en Calcio..... | 33 |
| Cuadro 6. Prueba de medias de Tukey en Calcio..... | 33 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa de la macro localización del proyecto..... | 4 |
| Figura 2. Invernadero tipo túnel del ITZM..... | 5 |
| Figura 3. Toma de muestra con la barrena..... | 7 |
| Figura 4. Ubicación de las coordenadas..... | 7 |
| Figura 5.Recolecta de suelos..... | 8 |
| Figura 6. Secado se suelo..... | 8 |
| Figura 7. Descarga de suelo..... | 8 |
| Figura 8. Cambio de la cubierta del invernadero..... | 9 |
| Figura 9. Llenado de bolsas..... | 9 |
| Figura 10. Siembra de tomate..... | 10 |
| Figura 11. Germinación de las plántulas..... | 10 |
| Figura 12. Trasplante..... | 10 |
| Figura 13. Plántulas listas para el trasplante..... | 10 |
| Figura 14. Fumigación..... | 11 |
| Figura 15. Colocación de tutores..... | 12 |
| Figura 16. Dilución de fertilizantes..... | 12 |
| Figura 17. Determinación de textura de los suelos..... | 13 |
| Figura 18. Materia orgánica..... | 13 |
| Figura 19. Calcio..... | 13 |
| Figura 20. Calcio + magnesio..... | 13 |
| Figura 21. pH del suelo..... | 14 |
| Figura 22. Fosforo..... | 14 |
| Figura 23. Medición de diámetro del tallo..... | 14 |
| Figura 24.Cinta métrica..... | 15 |
| Figura 25. Extraccion de savia con twin..... | 16 |
| Figura 26. Comparacion de la dinamica de crecimiento de las plantas de tomate en suelos Chac Lu`um debido al efecto de quince tratamientos de fertilizacion..... | 18 |
| Figura 27.Comparacion de la dinamica de crecimiento de las plantas de tomate en suelos Pus Lu`um debido al efecto de quince tratamientos de | |

| | |
|--|----|
| fertilizacion..... | 19 |
| Figura 28. Comparacion de la dinamica de crecimiento de las plantas de tomate en suelos Aakalche debido al efecto de quince tratamientos de fertilizacion..... | 20 |
| Figura 29. Comparacion de la dinamica de crecimiento del diametro de tallo de la planta de tomate en suelos Chac Lu`um debido al efecto de quince tratamientos de fertilizacion..... | 21 |
| Figura 30. Comparacion de la dinamica de crecimiento del diametro de tallo de la planta de tomate en suelos Pus Lu`um debido al efecto de quince tratamientos de fertilizacion..... | 22 |
| Figura 31. Comparacion de la dinamica de crecimiento del diametro de tallo de la planta de tomate en suelos Aakalchè debido al efecto de quince tratamientos de fertilizacion..... | 23 |
| Figura 32. Contenido de potasio ($K_2 O_5$) en extracto de savia de 15 tratamientos de fertilización en el cultivo de tomate bajo ambiente de invernadero..... | 24 |
| Figura 33. Contenido de Calcio (Ca) en extracto de savia de 15 tratamientos de fertilización en el cultivo de tomate bajo ambiente de invernadero..... | 25 |

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el tomate ocupa el segundo lugar entre las hortalizas; y aunque México ocupa el décimo lugar en producción, le corresponde el tercero en comercialización del fruto; nacionalmente es la hortaliza más importante tanto por la generación de empleos como por la aportación de divisas derivadas de las exportaciones (Gutiérrez *et al.*, 2006).

La rentabilidad del cultivo está en función, entre otros factores, de la vida poscosecha pues de ella depende el éxito del proceso de comercialización, que es generalmente largo y el consumidor es exigente, lo cual obliga a producir frutos, con excelente calidad; una de las principales limitantes para lograr eso, es el abastecimiento balanceado de nutrimentos esenciales, ya que por su crecimiento rápido e intensiva producción, la planta de tomate requiere altas cantidades de nutrientes en periodos cortos (Gutiérrez *et al.*, 2006).

Una de las técnicas más empleadas en la agricultura es la fertilización mineral la cual es una de las prácticas agrícolas que conllevan a elevados incrementos en la producción; sin embargo, su uso inapropiado afecta el ambiente de modo adverso, creando relaciones inter nutrientes desfavorables que pueden provocar desequilibrios nutricionales en las plantas; acidificando o salinizando los suelos; alterando la biota del suelo; contaminando el manto freático debido al lavado de los nitratos y contribuyendo al calentamiento global con la liberación de gases nitrogenados hacia la atmósfera (Cabrera *et al.*, 2007).

La salinidad es uno de los procesos de degradación de los suelos que más daños causan a la agricultura, transformando tierras productivas y fértiles en estériles y frecuentemente conducen a pérdidas en hábitat y reducción de biodiversidad (Ruiz *et al.*, 2014).

En general, se aplican dosis de fertilizantes superiores a los requerimientos del cultivo, como es el caso del nitrógeno (N), misma que en muchos casos asciende a 450 kg ha⁻¹. Estas aplicaciones de nutrimentos pueden, en determinadas circunstancias, no ser perjudiciales para el rendimiento y la calidad de los frutos, pero inciden en los costos de producción y, además, son un desperdicio de fertilizante (Armenta *et al.*, 2002).

El objetivo del presente trabajo es generar la dosis óptima económica de N, P₂O₅, K₂O, para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), en suelos vertisoles (Aakalche), rendzina (Pus lu" um), luvisoles (Chaklu"um) del Instituto Tecnológico de la Zona Maya.

II. JUSTIFICACIÓN

El manejo adecuado de la nutrición de los cultivos, a través de la aplicación oportuna de fertilizantes, es una parte del proceso de producción que, en combinación con otros factores, fomenta el incremento en rendimiento y la calidad de las cosechas siempre y cuando las dosis a aplicar sean las adecuadas de lo contrario aplicar dosis excesivamente altas pueden producir pérdidas en la producción debido al aumento en la salinidad del suelo, toxicidad por iones específicos. Sin embargo, ante el incremento del precio de los fertilizantes y el efecto que se atribuye a su utilización excesiva sobre la contaminación del ambiente es necesario hacer un uso cada vez más racional de los nutrimentos (Galvis *et al.*, 2002).

Debido a esta problemática que se genera por el uso excesivo de niveles de fertilizantes minerales que son utilizados cotidianamente por los productores se efectuó el presente trabajo de investigación que tiene como objetivo Generar la dosis optima económica de N, P₂ O₅, K₂ O₅, para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), en suelos vertisoles (Aakalche), rendzina (Pus lu" um), luvisoles (Chaklu"um) del Instituto Tecnológico de la Zona Maya.

Con la finalidad de conocer el nivel adecuado de fertilizantes a aplicar en fertirriego dependiendo con qué tipo de suelo se cuente para llevar a cabo la producción de tomate.

En particular gracias a este trabajo de investigación se pudo reforzar los conocimientos teóricos vistos en clases así como también llevar a cabo el perfil de egreso que es; generar, adoptar y transferir tecnologías apropiadas a las necesidades del entorno.

III. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ EL PROYECTO

3.1. Macro localización

El presente trabajo se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya localizado en el ejido Juan Sarabia sobre el kilómetro 21.5 de la carretera federal 181 de Chetumal-Escárcega, en el municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, en las coordenadas geográficas 18°-30-58.00 latitud norte y 88°-29-19.00 longitud oeste. El clima oscila entre el cálido húmedo con lluvias abundantes en verano y el cálido subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual se encuentra entre los 24.7 y los 26.7 °C. Se registra temperaturas de 24 y 27.8 °C La precipitación promedio fluctúa entre 1,246.8 y 1,416 milímetros. Se han registrado precipitaciones extremas de 595.5 milímetros, en el año más seco, y 2,664.5, en el más lluvioso. (Figura 1)

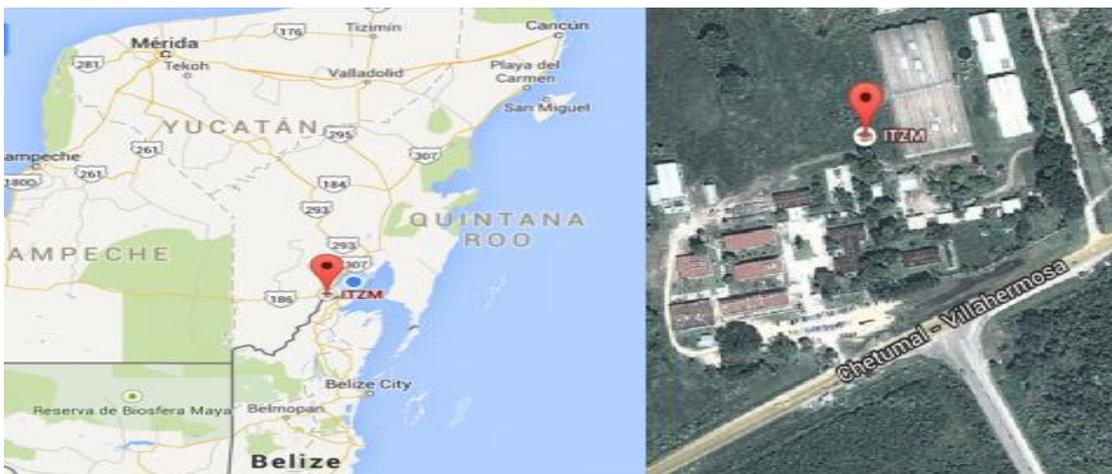


Figura 1. Mapa de la macro localización del proyecto.

3.2. Micro localización

El experimento se llevó a cabo en el invernadero tipo túnel que se encuentra dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Tiene una extensión de 8 metros de ancho por 20 metros de largo y una altura máxima de 4 metros, haciendo un total de 160 metros cuadrados. Cuenta con un pasillo central de concreto, tapete fitosanitario y capsula de limpieza. (Figura 2).



Figura 2. Invernadero tipo túnel del ITZM.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Generar la dosis optima económica de N, P₂ O₅, K₂ O₅, para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*), en suelos vertisoles (Aakalche), rendzina (Pus lu" um), luvisoles (Chaklu"um) del Instituto Tecnológico de la Zona Maya.

4.2 Objetivos específicos

- Monitorear el desarrollo y crecimiento en planta de tomate en todas sus etapas fenológicas.
- Obtención del rendimiento agronómico del cultivo de tomate.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Ubicación de los sitios de muestreo

Se encontraron tres tipos de suelos en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya conocidos como suelos vertisoles (Aakalche), rendzina (Pus lu" um) y luvisoles (Chaklu"um).

Para el desarrollo de esta actividad se elaboró un mapa por medio del programa Google earth, el cual sirvió para delimitar el área en muestreo, posteriormente se prosiguió a ubicar las coordenadas geográficas obtenidas del programa con un geoposicionador de la marca (etrex). El muestreo se llevó a cabo cada 100m utilizando una barrena para poder tomar la muestra y luego describir el tipo de suelo encontrado.



Figura 3. Toma de muestra con la barrena.



Figura 4. Ubicación de las coordenadas.

5.2 recolección de muestras de suelos

Para la colecta de los suelos se empleó el método de muestreo sistemático en cuadrícula, el objetivo de este método es cubrir la totalidad del área de muestreo, posteriormente se prosiguió a homogenizar las muestras recolectando 16 costales por cada suelo de aproximadamente 50kg cada una dando un total de 48 costales por los tres tipos de suelos encontrados.

Luego estas muestras se desinfectaron utilizando el método de solarización el cual consiste en el calentamiento, mediante la radiación solar, el propósito de esta es matar las larvas de los insectos presentes en el suelo y bajar el porcentaje de germinación de malezas, esta práctica se llevó a cabo dentro del invernadero y todos los días durante 25 días se removió el suelo para agilizar su secado.



Figura 5. Recolecta de suelos.



Figura 6. Secado de suelos.



Figura 7. Descarga de suelos.

5.3 Trabajo de invernadero

Se realizó el acondicionamiento del invernadero tipo túnel, lo cual se inició con el cambio de la cubierta, el establecimiento de la malla sombra, la activación de los nebulizadores, la limpieza del invernadero, desinfección con cal y cipermetrina® y se prosiguió con el llenado de las bolsas.



Figura 8. Cambio de la cubierta del invernadero.



Figura 9. Llenado de bolsas.

5.4 Siembra

La siembra se realizó el día 17 de agosto del 2015, la variedad de tomate utilizado fue el híbrido UC 82 el cual es una variedad determinada su ciclo de vida consta de 180 días. Para llevar a cabo esta actividad se utilizaron 2 charolas de poliestireno de 200 alveolos en la cual el sustrato que se empleo fue el Peat mos® (turba comercial).

Después de realizar la siembra se cubrieron las charolas con papel periódico y se humedeció con un fungicida comercial conocido como proccycar® (Carbendazin) la dosis utilizada fue de 2ml del concentrado por litro de agua.

La germinación inicio al cuarto día posteriormente al acontecimiento se llevaron las charolas en el invernadero hidropónico para evitar que las plántulas se

alargasen, cuando estas ya poseían hojas verdaderas la cual ocurrió a los 14 días se le aplicó nutrición a las plántulas 2gr de fertilizante MAP por litro de agua cada tercer día hasta obtener plántulas vigorosas para que posteriormente se realizase el trasplante.

El día 23 de septiembre del presente año se llevó a cabo el trasplante del cultivo de tomate después de que las plántulas ya poseían 5 hojas verdaderas y medían aproximadamente 10cm y el tallo tenía buen porte.



Figura 10. Siembra de tomate.



Figura 11. Germinación de las plántulas.



Figura 12. Trasplante.



Figura 13. Plántulas listas para el trasplante.

5.5 Labores culturales en el invernadero

- **Control de malezas:** esta actividad se realizó cada 8 días de manera manual con la ayuda de un azadón.
- **Control de plagas y enfermedades:** en este apartado se siguió un calendario de aplicaciones de insecticidas orgánicos y químicos para la prevención de ataque de mosquita blanca (*Bemisia tabaco*), minador de hoja (*Liriomyzas* pp.); fungicidas para prevenir enfermedades como Tizón de tallo (*Diaporthe*), antracnosis (*Ascochyta* ssp.), cenicilla (*Sphaerotheca* ssp.), pudrición radical (*Rhizoctonia* ssp.); acaricidas para prevenir el ataque de araña roja (*Tetranychus urticae*), acaro blanco (*Poliphagotarsonemus latus*); esta actividad se realizó de manera manual utilizando un aspersor de mochila como se ve en la Figura 14.

➤



Figura 14. Fumigación.

- El sistema de tutorado que se empleo fue el de tipo Holandés.



Figura 15. Colocación de tutores.

- **Aplicación de fertirriego:** Esta labor se llevó a cabo cada tercer día en la cual se aplicaron los 15 tratamientos de fertilización se realizó de manera manual con el propósito de homogenizar los tratamientos.



Figura 16. Dilución de fertilizantes.

5.6 Análisis en el laboratorio

Se determinaron los análisis físicos y químicos de los suelos.

Los físicos.

- Determinación de textura por medio del método Bouyoucos (1937).
- Densidad aparente mediante el método de la parafina.



Figura 17. Determinación de textura de los suelos.

Los químicos.

- Para la conductividad eléctrica se empleó un potenciómetro.
- Para la determinación del pH se utilizó un pHmetro.
- Se determinó el contenido de materia orgánica de los suelos por medio del método Wackley-Black (1934).
- Se determinó el contenido de fosforo en los suelos utilizando el método Olsen.
- Se determinó el contenido de potasio en los suelos empleando el método de flamometro.
- Se determinó el contenido de calcio + magnesio mediante el método de titulación EDTA.
- Se determinó el contenido de calcio empleando la técnica de titulación EDTA.



Figura 18. Materia orgánica.



Figura 19. Calcio



Figura 20. Calcio+magnecio



Figura 21. pH del suelo.



Figura 22. Fosforo

5.7 Variables de respuesta

Diámetro de tallo

Para la determinación del diámetro de tallo se realizaron tres medidas, uno en la parte inferior, otro en la parte media y uno más en la parte superior del tallo. Para ello se utilizó un vernier digital una vez obtenidos estos datos se calculó el promedio, las medidas se tomaron semanalmente.



Figura 23. Medición de diámetro del tallo

Altura de la planta

Para la obtención de la altura de la planta se empleó una cinta métrica marca Truper® de 5m la medida se toma al inicio del tallo hasta el ápice de crecimiento estas medidas se tomaron cada semana.



Figura 24. Cinta métrica

Análisis de calcio y potasio

Para el análisis químico de savia la toma de muestras se realizó tomando las hojas más jóvenes totalmente maduras. Se tomaron suficientes hojas por planta para tener al menos un mililitro de savia bruta por muestra, se procuró, también, que el tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y el traslado al laboratorio fuera lo mas pronto posible, tal como lo sugiere Cadahía (1999). Una vez en el laboratorio se calibró el equipo de medición de calcio LAQUA Twin y el medidor de potasio LAQUA Twin con una solución estándar de 2000 ppm. Seguidamente se enjuagaron las hojas con agua destilada y se procedió a extraer la savia contenida en ella con ayuda de un mortero. Posteriormente se tomó un mililitro de savia y se diluyo en 9 ml de agua destilada, se agitó y se extrajo la cantidad suficiente de solución para depositarlo en el sensor de lectura de los equipos de medición, el resultado de la medición fue multiplicado por diez, para obtener el valor real de potasio y calcio en la hoja. Serepitó el mismo procedimiento para las 45 muestras tomadas por tratamiento y en los 3 tipos de suelo.(Figura 25).



Figura 25. Extracción de savia con twin.

5.8 Diseño experimental.

Se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar introducidas en parcelas divididas en la cual se utilizaron 15 tratamientos de fertilización empleando 4 repeticiones en 3 tipos de suelos haciendo un total de 12 parcelas y 180 plantas en muestreo.

Para la obtención de los tratamientos se utilizó un método matemático en la producción conocido como la matriz experimental plan puebla II (Turren, 1985), en la cual se codificaron los niveles de fertilización basándose en un espacio de exploración. La cual se presenta en Cuadro 1.

Cuadro 1. Espacio de exploración.

| Elementos | Mínimo (Kg/ha) | Máximo (Kg/ha) |
|-------------------------------|----------------|----------------|
| N | 250 | 450 |
| P ₂ O ₅ | 52 | 118 |
| K ₂ O ₅ | 250 | 498 |

Con base al espacio de exploración se prosiguió a codificar los tratamientos que se muestran a continuación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Codificación de los tratamientos.

Lista de tratamientos con valores codificados y sin codificar de la matriz plan puebla II para tres factores experimentales en el cultivo de tomate

| Tratamiento | Valores codificados | | | Nutrientes (kg ha ⁻¹) | | |
|-------------|---------------------|----------|----------|-----------------------------------|-------|-------|
| | factor 1 | factor 2 | factor 3 | N | P2O5 | K2O |
| 1 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | 320 | 75.1 | 336.8 |
| 2 | -0.3 | -0.3 | 0.3 | 320 | 75.1 | 411.2 |
| 3 | -0.3 | 0.3 | -0.3 | 320 | 94.9 | 336.8 |
| 4 | -0.3 | 0.3 | 0.3 | 320 | 94.9 | 411.2 |
| 5 | 0.3 | -0.3 | -0.3 | 380 | 75.1 | 336.8 |
| 6 | 0.3 | -0.3 | 0.3 | 380 | 75.1 | 411.2 |
| 7 | 0.3 | 0.3 | -0.3 | 380 | 94.9 | 336.8 |
| 8 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 380 | 94.9 | 411.2 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 350 | 85 | 374 |
| 10 | -0.9 | -0.3 | -0.3 | 260 | 75.1 | 336.8 |
| 11 | 0.9 | 0.3 | 0.3 | 440 | 94.9 | 411.2 |
| 12 | -0.3 | -0.9 | -0.3 | 320 | 55.3 | 336.8 |
| 13 | 0.3 | 0.9 | 0.3 | 380 | 114.7 | 411.2 |
| 14 | -0.3 | -0.3 | -0.9 | 320 | 75.1 | 262.4 |
| 15 | 0.3 | 0.3 | 0.9 | 380 | 94.9 | 485.6 |

Se realizó un análisis de varianza y una prueba de medias de Tukey utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Instituto, 2006).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Variable altura

Los analisis de varianza realizados indican ($\alpha=0.05$) que no existe diferencias significativas sobre la altura de las plantas de tomate sin embargo en la grafica que se aprecia en la Figura 26 se nota una minima diferencia , debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilizacion de nitrogeno, fosforo y potasio , cultivados en suelos Chak lu"um en ambiente de invernadero, Esto es debido a que no se encuentra el cultivo en su fase final y todavia no se aplican todas las etapas del cultivo.

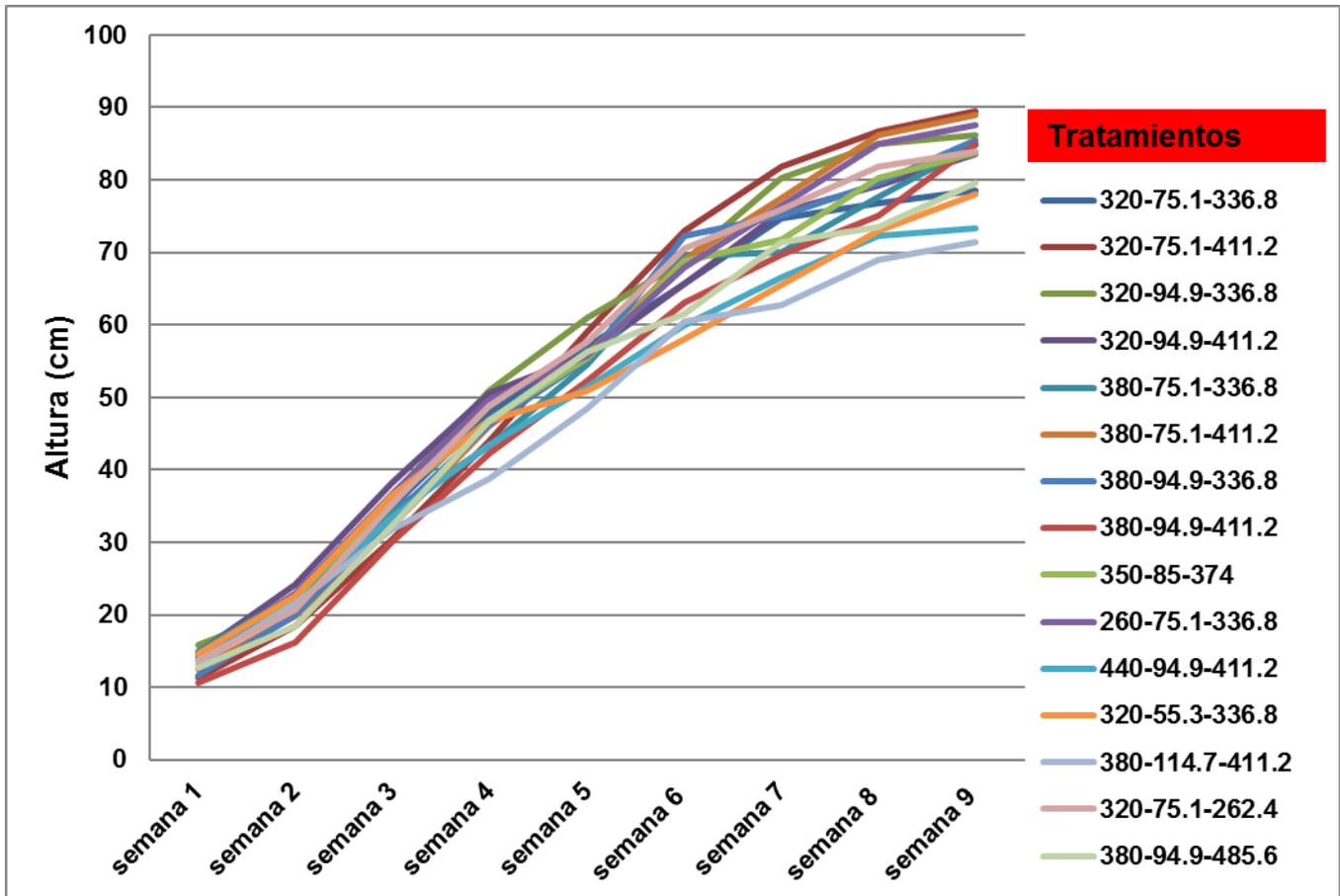


Figura 26. Comparacion de la dinamica de crecimiento de las plantas de tomate en suelos Chak lu"um debido al efecto de quince tratamientos de fertilizacion.

Los analisis de varianza realizados indican ($\alpha=0.05$) que no existe diferencias significativas sin embargo en la grafica que se aprecia en la Figura 27 se nota una minima diferencia sobre la altura de las plantas de tomate , debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilizacion de nitrogeno, fosforo y potasio , cultivados en suelos Pus lu"um en ambiente de invernadero. Esto es debido a que no se encuentra el cultivo en su fase final y todavia no se aplican todas las etapas del cultivo.

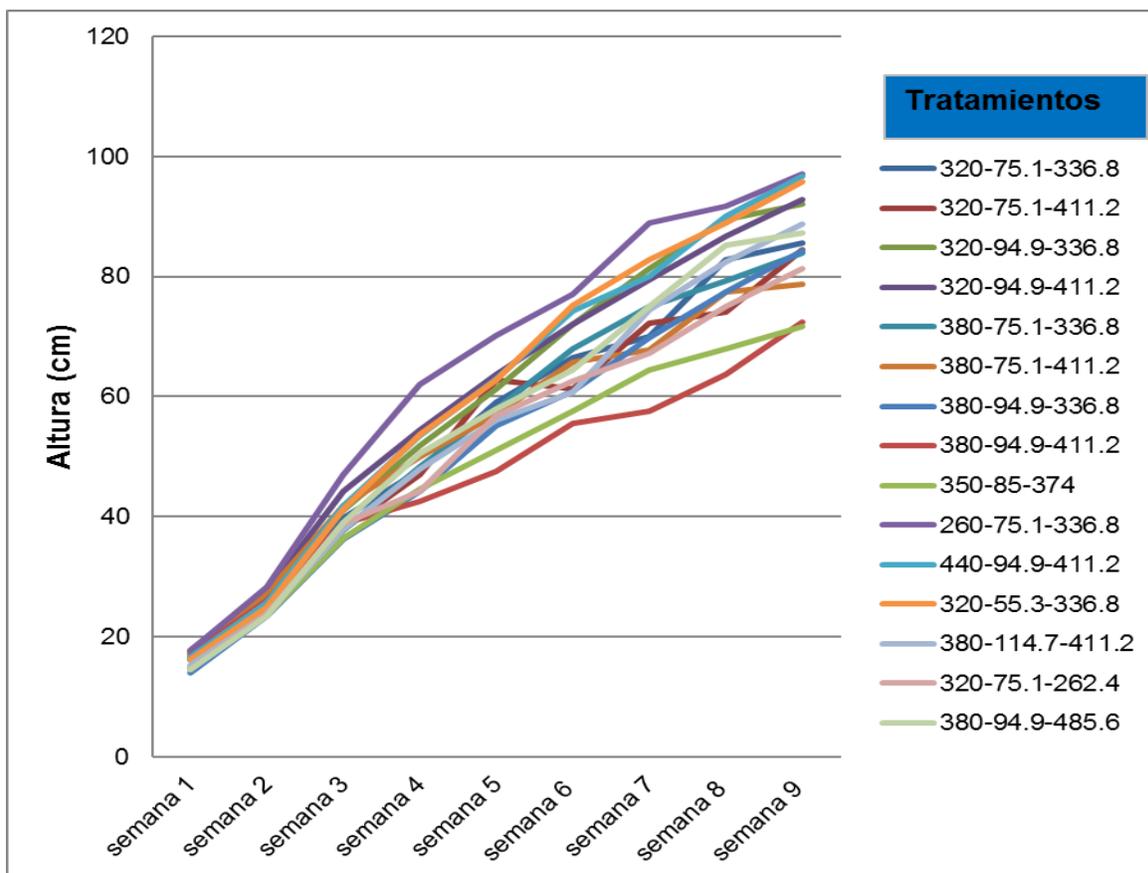


Figura 27. Comparacion de la dinamica de crecimiento de las plantas de tomate en suelos Pus Lu"um debido al efecto de quince tratamientos de fertilizacion.

Los analisis de varianza realizados indican ($\alpha=0.05$) que no existe significancia sobre la altura de las plantas de tomate, debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilizacion de nitrogeno, fosforo y potasio , cultivados en suelos Aakalche en ambiente de invernadero, sin embargo como se puede notar en la Figura 28 existe una minima diferencia entre las altura. Esto es debido a que no se encuentra el cultivo en su fase final y todavia no se aplican todas las etapas del cultivo.

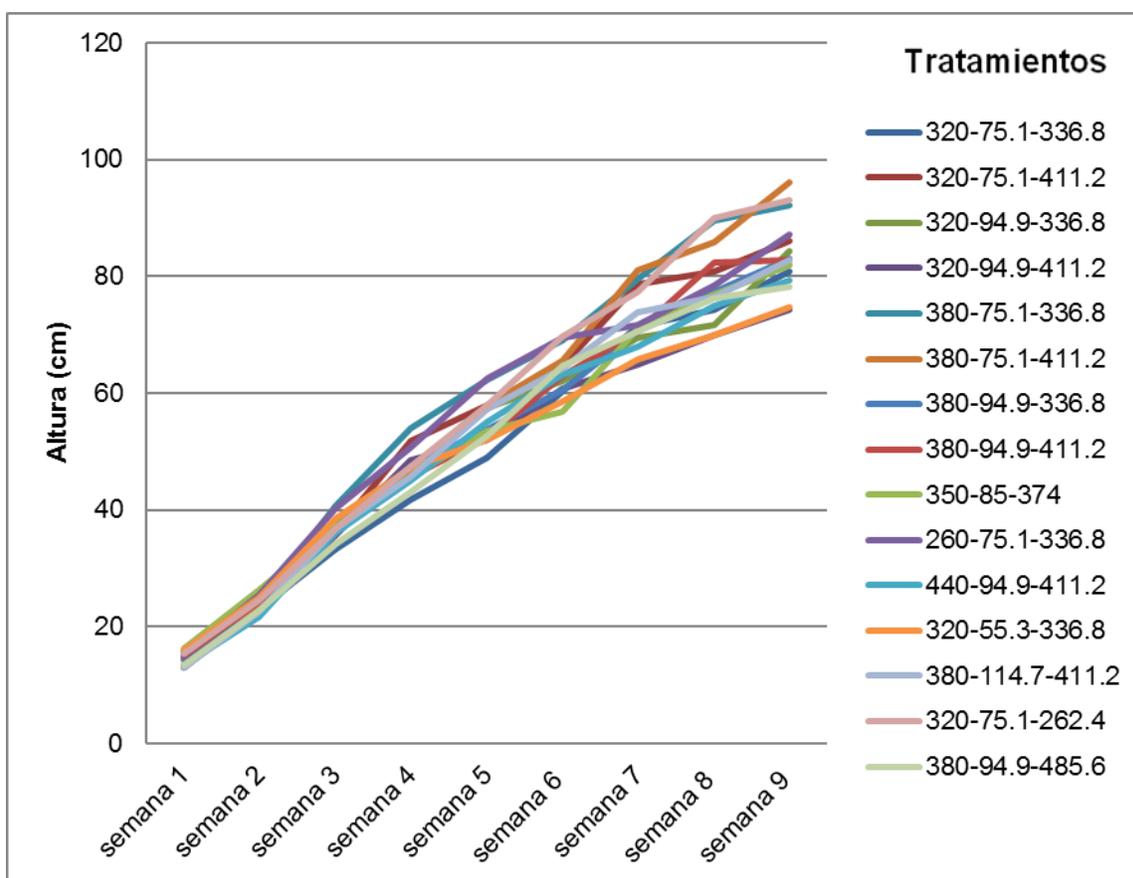


Figura 28. . Comparacion de la dinamica de crecimiento de las plantas de tomate en suelos Aakalche debido al efecto de quince tratamientos de fertilizacion.

6.2 Variable Diametro

Los analisis de varianza realizados indican ($\alpha=0.05$) que no existe significancia sobre el diametro del tallo de las plantas de Tomate, debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilizacion de nitrogeno, fosforo y potasio , cultivados en suelos de Chac Lu`um en ambiente de invernadero, sin embargo como se puede notar en la Figura 29 si existen minimas diferencias entre los tratamientos. Esto es debido a que no se encuentra el cultivo en su fase final y todavia no se aplican todas las etapas del cultivo.

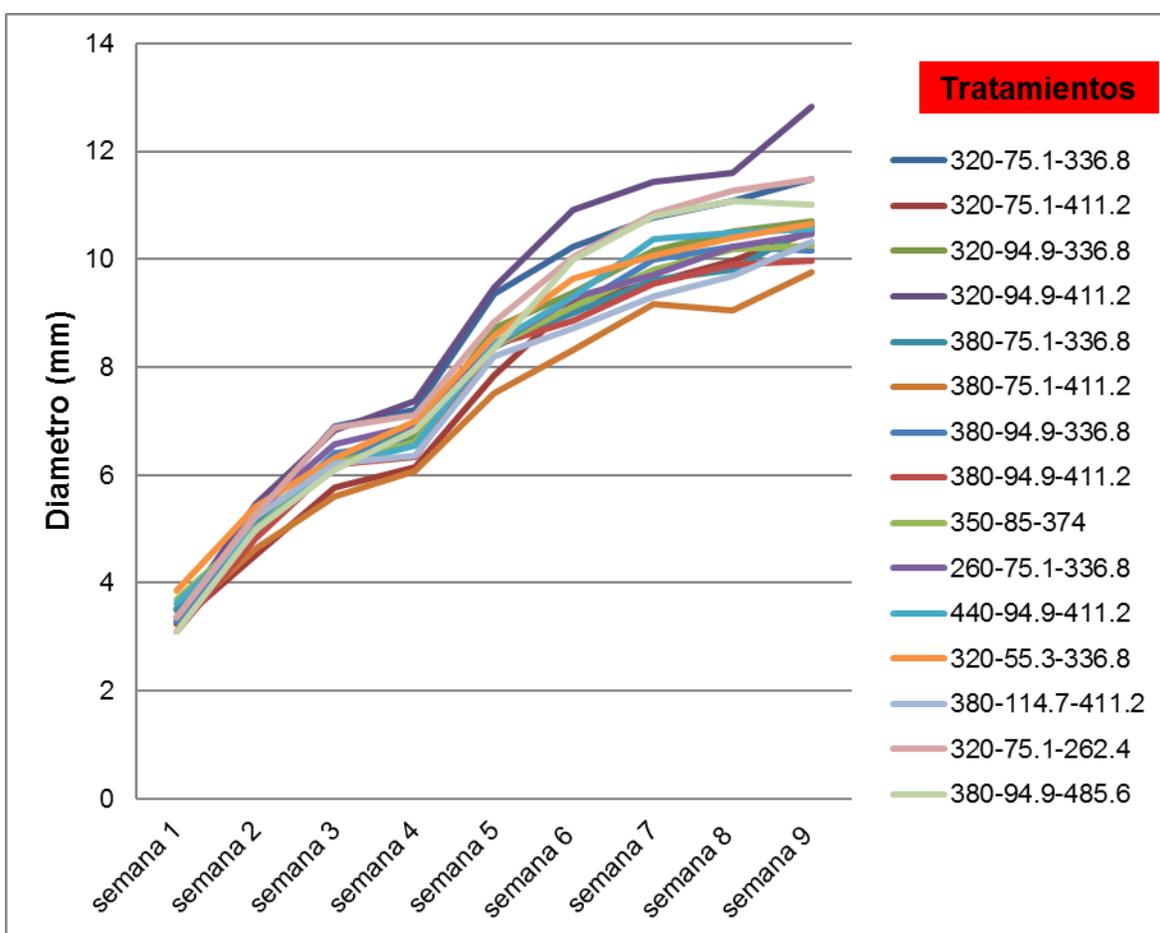


Figura 29. Comparacion de la dinamica de crecimiento del diametro de tallo de la planta de tomate en suelos Chac Lu`um debido al efecto de quince tratamientos de fertilizacion.

Los análisis de varianza realizados indican ($\alpha=0.05$) que no existe significancia sobre el diametro del tallo de las plantas de tomate, debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilizacion de nitrogeno, fosforo y potasio , cultivados en suelos de Pus Lu`um en ambiente de invernadero, sin embargo como se puede notar en la Figura 30 si existen minimas diferencias entre los tratamientos. Esto es debido a que no se encuentra el cultivo en su fase final y todavia no se aplican todas las etapas del cultivo.

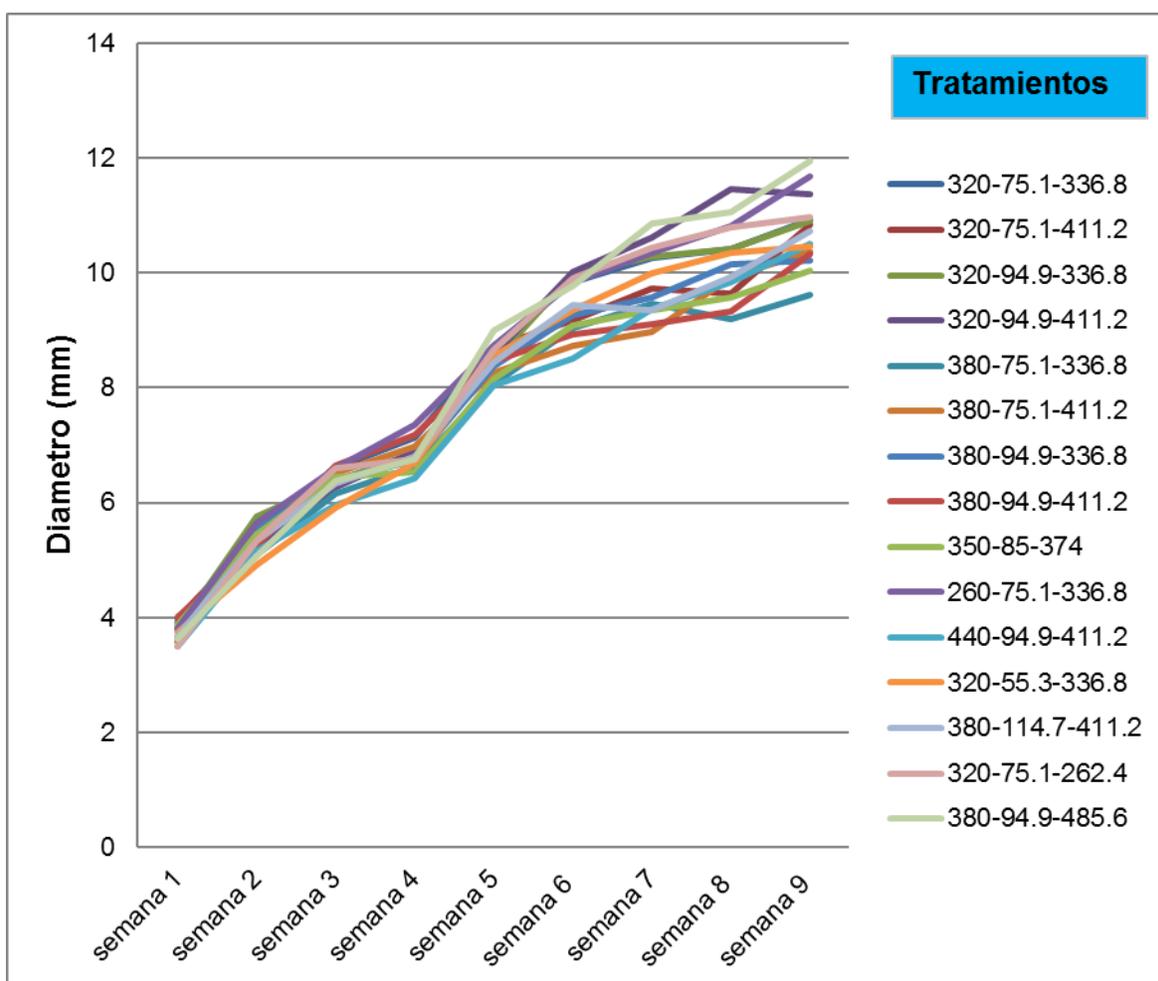


Figura 30. Comparacion de la dinamica de crecimiento del diametro de tallo de la planta de tomate en suelos Pus Lu`um debido al efecto de quince tratamientos de fertilizacion.

Los analisis de varianza realizados indican ($\alpha=0.05$) que no existe significancia sobre el diametro del tallo de las plantas de tomate, debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilizacion de nitrogeno, fosforo y potasio , cultivados en suelos Aakalche en ambiente de invernadero, sin embargo como se puede notar en la Figura 31 si existen minimas diferencias entre los tratamientos. Esto es debido a que no se encuentra el cultivo en su fase final y todavia no se aplican todas las etapas del cultivo.

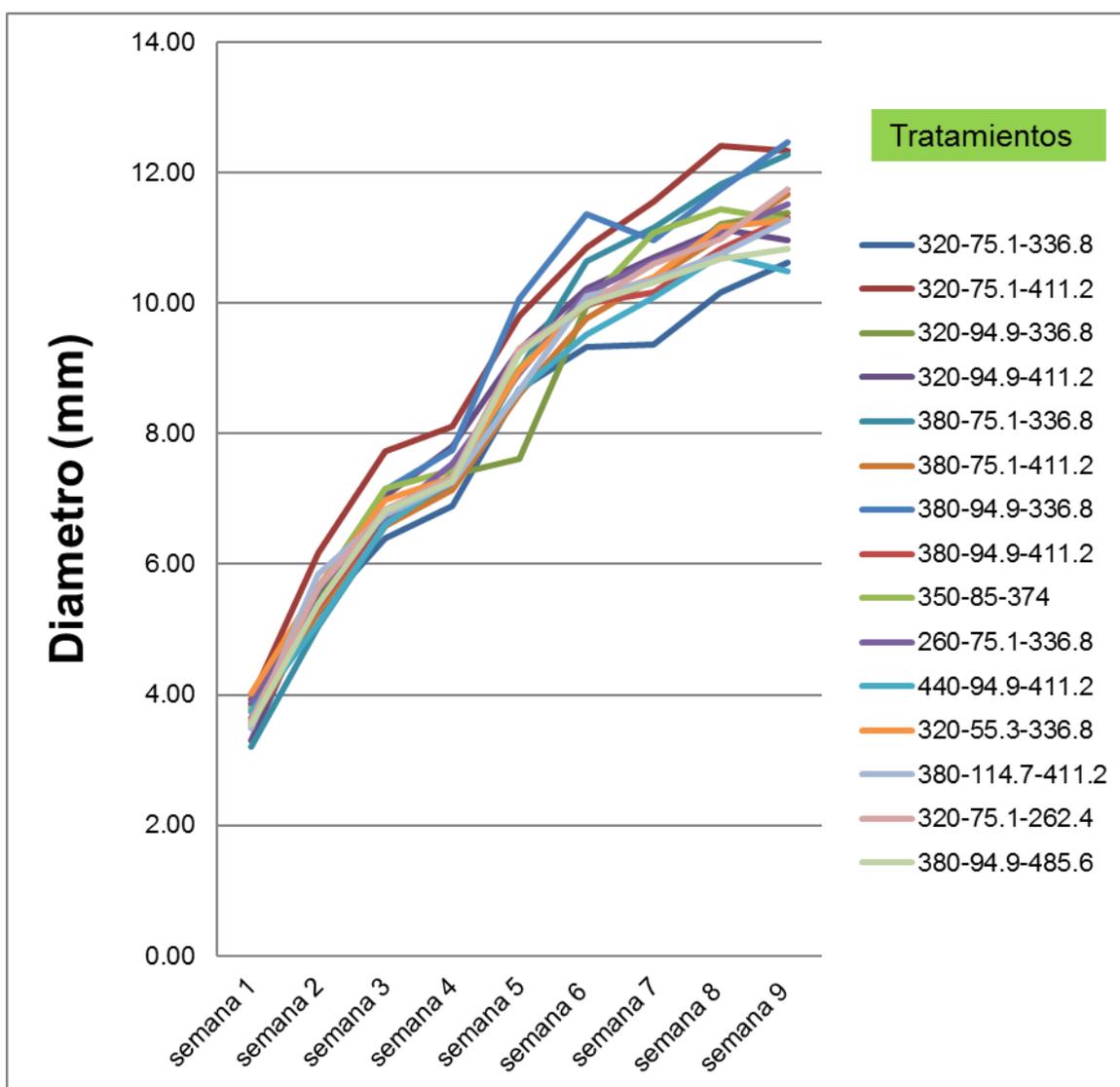


Figura 31. Comparacion de la dinamica de crecimiento del diametro de tallo de la planta de tomate en suelos Aakalchè debido al efecto de quince tratamientos de fertilizacion.

6.3 Potasio

Los análisis de varianza realizados indican ($\alpha=0.05$) que no existe significancia en el análisis de contenido nutricional de la savia de tomate, debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio, cultivados en suelos de Aakalché, Chac Lu'um y Pus Lu'um en ambiente de invernadero sin embargo si existe mínimas diferencias entre los suelos como se puede notar en la Figura 32. Esto es debido a que no se encuentra el cultivo en su fase final y todavía no se aplican todas las etapas del cultivo. Sin embargo al momento de realizar la prueba de Medias de Tukey se corroboró que el suelo Aakalché es el que predomina entre los tres con una media de 5900 ppm en el Tratamiento 8 como se demuestra en el Cuadro 4.

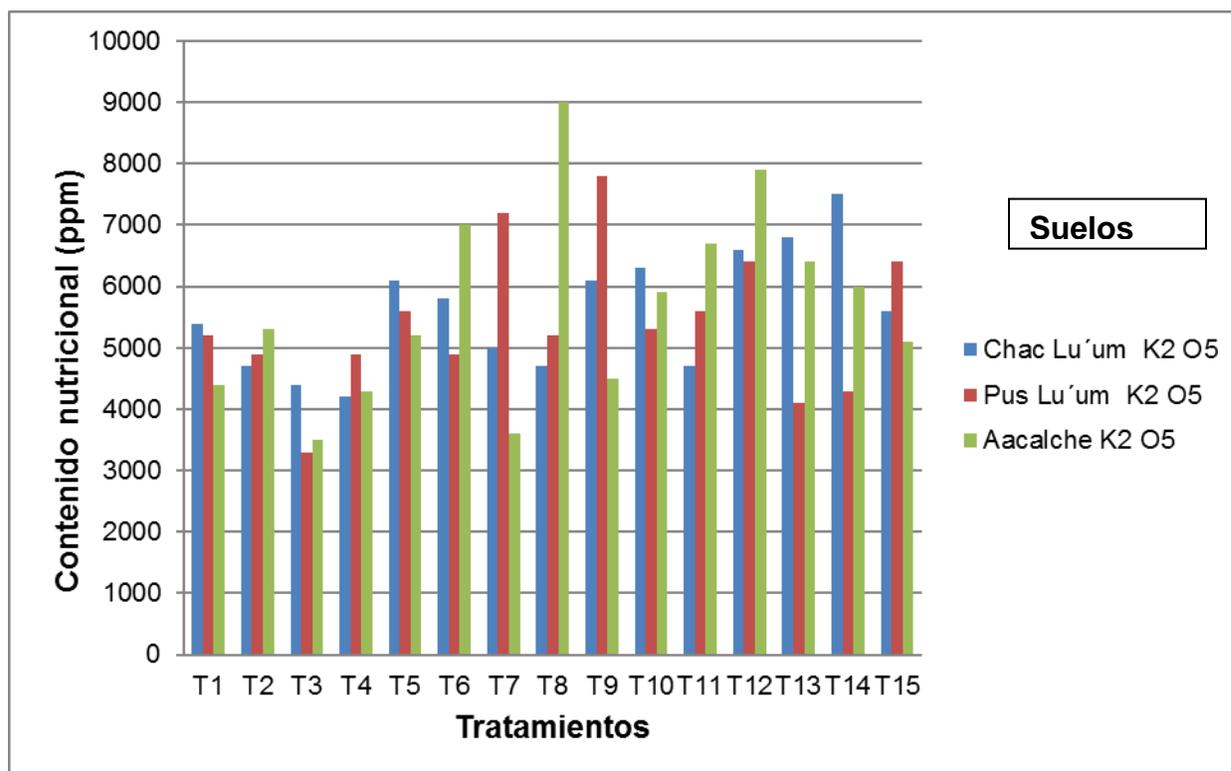


Figura 32. Contenido de potasio (K_2O_5) en extracto de savia de 15 tratamientos de fertilización en el cultivo de tomate bajo ambiente de invernadero.

6.4 Calcio.

Los análisis de varianza realizados indican ($\alpha=0.05$) que no existe significancia en el análisis de contenido nutricional de la savia de tomate debido al efecto combinado de quince tratamientos de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio, cultivados en suelos de Aakalché, Chac Lu'um y Pus Lu'um en ambiente de invernadero sin embargo existen mínimas diferencias entre los suelos como se puede notar en la Figura 33. Esto es debido a que no se encuentra el cultivo en su fase final y todavía no se aplican todas las etapas del cultivo. Sin embargo al momento de realizar la prueba de Medias de Tukey se corroboró que el suelo Aakalché es el que predomina entre los tres con una media de 2900 ppm en el Tratamiento 14 como se demuestra en el Cuadro 6.

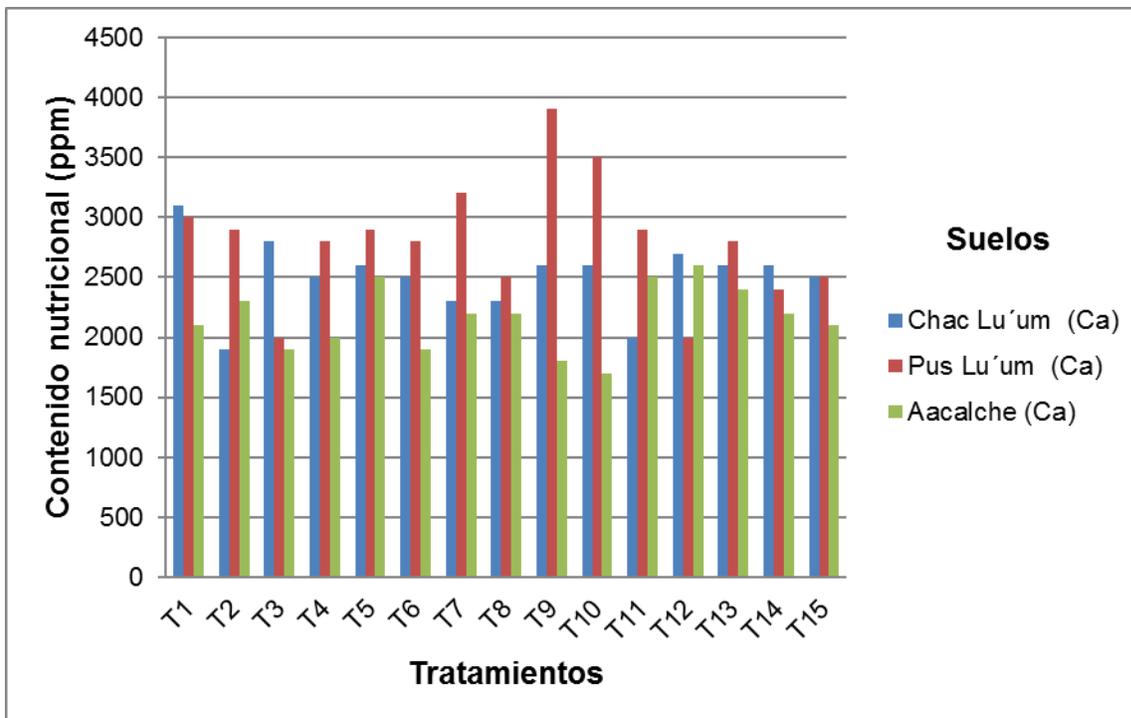


Figura 33. Contenido de Calcio (Ca) en extracto de savia de 15 tratamientos de fertilización en el cultivo de tomate bajo ambiente de invernadero.

VII. PROBLEMAS RESUELTOS Y LIMITANTES

Al llevarse a cabo este proyecto de investigación se presentaron varios problemas los cuales se mencionan a continuación.

- Altas temperaturas dentro del invernadero.

Este factor climático fue el que más influyó en el desarrollo del cultivo de tomate ya que se registraron temperaturas máximas de 45°C lo que generó que haya demaciado aborto de flores lo cual disminuyó el porcentaje de amare de fruto. Este factor se controló utilizando nebulizadores y malla sombras en las horas más calurosas del día.

- Polinización.

Esta actividad se llevó de manera mecánica empleando una sopladora de motor de gasolina ya que el cultivo estaba esblecido en invernadero lo que evitaba que haya interacción con los insectos polinizadores como lo son los abejorros además de que dentro de ella había muy poca ventilación, la baja cantidad de polinización ocasionó que aparecieran frutos deformes los cuales no contenían semillas lo que disminuyó la calidad del producto.

- Plagas y enfermedades.

Esta actividad se llevó a cabo siguiendo un calendario de aplicaciones; las plagas que atacaron el cultivo son mosquita blanca, acaro blanco en el control de estas plagas se utilizaron insecticidas químicos y orgánicos y las enfermedades que se presentaron fueron damping off, tizon temprano estas enfermedades se controlaron utilizando fungicidas comerciales y también se presentó pudrición apical en los frutos este factor fue por falta de calcio y por los días nublados la cual se corrigió aplicando un fertilizante foliar comercial conocido como Poliquel calcio en las dosis recomendadas ya que no se podía

aplicar el nitrato de calcio por que modificava los calculos ya establecidos en los tratamientos.

Una de las limitantes es el acondicionamiento del invernadero, el cual habria que modificar la estructura, comenzando con la elevacion de la cubierta para que se genere ventilacion dentro del invernadero.

Pero hay que tomar en cuenta que la principal limitante es la falta de ingreso economico, este factor es de suma importancia puesto que sin ella no habria financiamiento para comprar todos los insumos necesarios para la producción.

VIII. COMPETENCIAS APLICADAS O DESARROLLADAS

En el transcurso de la residencia profesional se pudo reforzar todos los conocimientos adquiridos en clase; una de las materias que fue esencial para el desarrollo de este trabajo es la materia de Edafología esta fue de suma importancia por que en base a ella se clasificaron los tipos de suelo encontrados en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya así como la determinación de todos los análisis físicos y químicos de los suelos.

Con los conocimientos adquiridos en la materia nutrición vegetal, se generaron los balanceos de los fertilizantes en los suelos en las diferentes etapas de crecimiento de las plantas, también con la ayuda de esta materia se pudo apreciar la presencia de las deficiencias de los macros y micros nutrientes así como la toxicidad de estas.

Con la aplicación de lo aprendido en Uso Eficiente del Agua, se tuvo conocimiento de la cantidad de agua que la planta consumía y también se le dio un buen manejo al agua, teniendo en cuenta la capacidad de campo y el punto de marchites permanente.

Con la adopción de los conocimientos de cultivos protegidos se pudo tener idea de los métodos de control del factor climático en los cultivos como lo fue el control de humedad y temperatura.

Una de las materias que fue igual básica es fitopatología ya que en base a ella ya se tenía una idea del control de las plagas y las enfermedades que se presentaron en el cultivo.

Y como último punto una de las materias que igual sirvió para llevar a cabo el proyecto de investigación es la materia de Diseños Experimentales en esta se generó el diseño de experimento y se hizo un arreglo factorial del experimento la cual fue bloques completamente al azar y se utilizó el paquete estadístico Sas para análisis de los datos recaudados.

IX. CONCLUSIONES

Se concluye que en los 15 tratamientos de fertilización reflejados en las 9 semanas no se reflejaron diferencias significativas en relación a las alturas de las plantas de tomate ni tuvo impacto el tipo de suelo utilizado.

Mientras que en el crecimiento de diámetro de tallo de las plantas de tomate si influyó el tipo de suelo en la cual el Aakalche tuvo mayor promedio de crecimiento de igual forma los 15 tratamientos de fertilización no hubo interacción con el suelo.

En relación al contenido de calcio y potasio el suelo Aakalche fue el que expresó mayor contenido de estos nutrientes.

En resumen se puede decir que el mejor suelo para el cultivo de tomate hasta el momento es el Aakalche siempre y cuando se le de el acondicionamiento como es el drenaje, aclarando los resultados estos solo reflejan el crecimiento de la altura, diámetro de tallo y contenido de potasio y calcio pero no se expresan los datos de producción debido a que el cultivo está en la tercera etapa que es la de fructificación.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armenta Bojórquez, Adolfo D.; García Estrada, Raymundo S.; Villarreal Romero, Manuel; Osuna Enciso, Tomás; (2002). Efecto de dosis y fuente de nitrógeno en rendimiento y calidad post cosecha de tomate en fertirriego. *Terra Latinoamericana*, julio-septiembre, 311-320.
- Bouyoucos, G.J 1937. Evaporation the water With burning alcohol as a rapid means of determining moisture content of soils. *Soil Science*. 44:377-383.
- Cabrera, A; Arzuaga, J; Mojena, M; (2007). DESBALANCE NUTRIMENTAL DEL SUELO Y EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO DE TOMATE (*Lycopersiconsolanum L.*) Y PEPINO (*Cucumissativus L.*) EN CONDICIONES DE CULTIVO PROTEGIDO. *Cultivos Tropicales*, 28() 91-97. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215844015>
- Cadahía, C. 1999. Fertirrigación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 233-237 p.
- Galvis, A.; Martínez, A.; Ramos, Cristóbal; Peña, A.; Alcántar, G.; (2002). Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cáscara en fertirriego. *Terra Latinoamericana*, octubre-diciembre, 465-469.
- Gutiérrez-Coronado, M A; Arellano-Gil, M; (2006). Rendimiento y calidad poscosecha de tomate bajo diferentes esquemas de fertilización al suelo. *REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA*, 12() 113-118. Recuperado de <http://google.redalyc.org/articulo.oa?id=60912115>
- Ruiz Espinoza, F H; Beltrán Morales, F A; Murillo Amador, B; Villa pando Gutiérrez, R L; Hernández Montiel, L G; (2014). RESPUESTA DIFERENCIAL A LA SALINIDAD DE GENOTIPOS DE TOMATE (*LycopersicumesculentumMill.*) EN PRIMERAS ETAPAS FENOLÓGICAS. *Terra Latinoamericana*, 32() 311-323. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57332975006>
- Turrent F., A. 1985.El método gráfico-estadístico para la interpretación económica de experimentos conducidos con la Matriz Plan Puebla I. Folleto 5. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.

Walkley A. and T.A Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38.

XI. ANEXOS

Cuadro 3. Análisis de varianza en Potasio.

```

ANALISIS DE POTASIO    15:34 Thursday, December 2, 2015  11
The GLM Procedure
Dependent Variable: POTASIO

Source              DF          Sum of
                   Squares      Mean Square   F Value    Pr > F
Model                16      55480000.00      3467500.00     2.64    0.0119
Error                28      36788000.00      1313857.14
Corrected Total      44      92268000.00

                   R-Square    Coeff Var    Root MSE    POTASIO Mean
                   0.601292     23.04764     1146.236     4973.333

Source              DF          Type I SS      Mean Square   F Value    Pr > F
TRAT                14      17428000.00      1244857.14     0.95    0.5251
SUELO                2       38052000.00      19026000.00    14.48    <.0001

Source              DF          Type III SS      Mean Square   F Value    Pr > F
TRAT                14      17428000.00      1244857.14     0.95    0.5251
SUELO                2       38052000.00      19026000.00    14.48    <.0001
    
```

Cuadro 4. Análisis de Medias de Tukey en Potasio.

```

The GLM Procedure
Tukey's Studentized Range (HSD) Test for POTASIO
NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type
      II error rate than REGWQ.

Alpha                0.05
Error Degrees of Freedom  28
Error Mean Square      1313857
Critical Value of Studentized Range  5.24188
Minimum Significant Difference  3469

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping      Mean      N    TRAT
A                   5900.0    3     8
A                   5866.7    3    12
A                   5700.0    3    14
A                   5500.0    3     6
A                   5433.3    3    13
A                   5200.0    3    15
A                   5100.0    3    11
A                   4900.0    3     5
A                   4866.7    3    10
A
    
```

Cuadro 5. Análisis de varianza en Calcio

ANALISIS DE CALCIO 15:34 Thursday, December 2, 2015 7

The GLM Procedure

Dependent Variable: Ca

| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model | 16 | 7236888.89 | 452305.56 | 2.79 | 0.0085 |
| Error | 28 | 4540888.89 | 162174.60 | | |
| Corrected Total | 44 | 11777777.78 | | | |

| R-Square | Coeff Var | Root MSE | Ca Mean |
|----------|-----------|----------|----------|
| 0.614453 | 15.96644 | 402.7091 | 2522.222 |

| Source | DF | Type I SS | Mean Square | F Value | Pr > F |
|--------|----|-------------|-------------|---------|--------|
| TRAT | 14 | 3124444.444 | 223174.603 | 1.38 | 0.2285 |
| SUELO | 2 | 4112444.444 | 2056222.222 | 12.68 | 0.0001 |

| Source | DF | Type III SS | Mean Square | F Value | Pr > F |
|--------|----|-------------|-------------|---------|--------|
| TRAT | 14 | 3124444.444 | 223174.603 | 1.38 | 0.2285 |
| SUELO | 2 | 4112444.444 | 2056222.222 | 12.68 | 0.0001 |

Cuadro 6. Análisis de Medias de Tukey en Calcio

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Ca

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

| | |
|-------------------------------------|----------|
| Alpha | 0.05 |
| Error Degrees of Freedom | 28 |
| Error Mean Square | 162174.6 |
| Critical Value of Studentized Range | 5.24188 |
| Minimum Significant Difference | 1218.8 |

Means with the same letter are not significantly different.

| Tukey Grouping | Mean | N | TRAT |
|----------------|--------|---|------|
| A | 2900.0 | 3 | 14 |
| A | 2866.7 | 3 | 9 |
| A | 2866.7 | 3 | 12 |
| A | 2833.3 | 3 | 13 |
| A | 2800.0 | 3 | 1 |
| A | 2700.0 | 3 | 5 |
| A | 2466.7 | 3 | 6 |
| A | 2466.7 | 3 | 15 |
| A | 2333.3 | 3 | 7 |
| A | 2300.0 | 3 | 8 |